Digitized by the Internet Archive
in 2018 with funding from
Getty Research Institute

https://archive.org/details/matthieujosephch00cast_0

DAS LICHT

IM DIENSTE

WISSENSCHAFTLICHER FORSCHUNG

VON

S. TH. STEIN.

II. BAND.

INHALT DES ZWEITEN BANDES.

SPECIELLER THEIL B.

DRITTES KAPITEL.

DIE ASTRONOMISCHE PHOTOGRAPHIE.

Seite

I. DIE OPTISCHEN UND TECHNISCHEN HILFSMITTEL ZUR ASTRONOMISCHEN PHOTOGRAPHIE 1

Vortheile der photographischen Sternbeobachtungen S. 1. — Spiegelteleskop zu genanntem Zwecke S. 2. — Refraktionsfernrohr S. 3. — Brechung der Lichtstrahlen in den verschiedenen Teleskopsystemen S. 4. — Das Altazimuth S. 5. — Eintheilung des Himmelsgewölbes S. 5. — Mikrometer und Nonius S. 6. — Einrichtung auf Sternwarten S. 7. — Spiegelteleskop von Secretan S. 8, — von Merz S. 9. — John Browning's photographisches Teleskop S. 10. — Photographisches Teleskop zu Wilna S. 12 — zu Greenwich S. 14. — Astronomisch-photographische Methode auf der Sternwarte zu Bothkamp S. 16. — Secchi's photographisches Fernrohr S. 20. — Momentanverschlüsse zu photographischen Teleskopen S. 23. — Das fokale Bild in der astronomischen Photographie S. 24.

2. DIE RESULTATE DER ASTRONOMISCHEN PHOTOGRAPHIE 26

1. Die Astrophotographen 26

2. Photographische Darstellungen der Sonne 28

a. GESTALT DER SONNE 28

Herschel's Anschauung S. 29. — Spektralanalytische Untersuchungen S. 30. — Natur der Sonnenflecke S. 31. — Photographische Sonnenbilder S. 33.

b. SONNENFINSTERNISSE 33

Photographie der Sonnenfinsterniss vom Jahre 1851 S. 35, — vom Jahre 1860 S. 35, — vom Jahre 1869 S. 35. — Secchi's Photographie von 1860 S. 56. — Sonnenfinsterniss-Expedition des norddeutschen Bundes vom Jahre 1868 S. 37 (Zusatzbemerkung hierzu S. 189). — Photogramme der Sonnenfinsterniss vom Jahre 1868 S. 40—43. — Sonnenfinsterniss vom Jahre 1869, amerikanische Expedition S. 45. — Sonnenfinsterniss-Photographie von Davis vom Jahre 1871. S. 48.

Seite

3. Der Mond 49

Erste Versuche zur photographischen Darstellung des Mondes S. 49. — Mondkarte von Mädler S. 50. — Warren de la Rue's einschlägige Arbeiten S. 52. — Schema der Mondoberfläche S. 53. — Rutherfurd's Mondphotographien S. 54. — Libration des Mondes S. 56. — Stereoskopisches Doppelbild des Mondes S. 58. — Die Ringgebirge des Mondes S. 59. — Gestalt und Form der Mondoberfläche S. 60. — Mondkarte S. 63. — Mondphotographien von Schröder S. 64.

4. Photographische Darstellung der Sterne 65

a. FIXSTERNE, PLANETEN UND KOMETEN 65

Arbeiten von Warren de la Rue S. 65. — Doppelsterne S. 66. — Abbildung der Fixsterne S. 66. — Photographie der Planeten S. 67. — Arbeiten von Draper in New-York S. 68. — Kometenphotographie S. 69 (Zusatzbemerkungen hierzu S. 190). — Photographisch-astronomische Messungen S. 71.

b. DER VENUSDURCHGANG 74

Einleitende Bemerkungen S. 74. — Durchgang des Merkurs vor der Sonne S. 76. — Berechnung der Sonnenentfernung S. 77. — Berechnung der Sonnenparallaxe S. 79. — Heliometer S. 80. — Die Venusexpeditionen S. 82—90. — Photographische Abbildung des Venusdurchganges S. 91. — Resultate S. 93 (Zusatzbemerkungen S. 192).

5. Die photographische Bestimmung der geographischen Länge und Ortszeit 93

Das Phototeleskop S. 97. — Konstruktion der astronomischen Kassetten für Zeitmessungen S. 99. — Mechanismus der astronomischen Apparate für photographische Zeitmessungen S. 101. — Photographische Berechnung der Ortszeit S. 103. — Mikrometrische Messungen an Sonnenbildern S. 105. — Kritik des Verfahrens S. 107.

VIERTES KAPITEL.

DIE METEOROLOGISCHE PHOTOGRAPHIE.

I. DER THERMOGRAPH (PHOTO-PSYCHROGRAPH) 111

Meteorologische Aufzeichnungs-Methode S. 113. — Zeitbestimmung bei Termographen S. 114. — Termograph S. 116. — Thermographische Kurven S. 118.

2. DER BAROGRAPH 119

Prinzip desselben S. 120. — Dessen Konstruktion S. 121. — Die mit demselben gewonnenen Resultate S. 122. — Barometer-Kurven S. 123.

3. DER HYGROGRAPH 124

4. DIE MAGNETOGRAPHEN 125

Deklinationsmagnetnadel S. 126. — Inklinationsmagnetnadel S. 126. — Messinstrumente der magnetischen Kraft S. 127. — Magnetische Strömungen auf der Erde S. 128. — Magnetische Kurven S. 129. — Bau des Magnetographen S. 130—132.

Seite

a. **Der Deklinations-Magnetograph** 133
Deklinationskurven S. 134.

b. **Der Inklinations-Magnetograph** 135
Inklinationskurven S. 136.

c. **Der Intensitäts-Magnetograph** 137
Intensitätskurven S. 138.

d. **Gesammtansicht der Magnetographen zu Kew** 139
Die photographischen Prozesse bei Aufzeichnung magnetischer Kurven S. 140.

5. PHOTOGRAPHIE IN DEN MEERESTIEFEN 141
Methode der deutschen Seewarte S. 141. — Methode von Bazin S. 142 — von Carey S. 142.

6. PHOTOGRAPHISCHER FLUTHENMESSER 143
Konstruktion desselben S. 145.

FÜNFTES KAPITEL.

DIE PHOTOGRAPHIE IM DIENSTE PHYSIKALISCHER FORSCHUNG.

I. PHOTOGRAPHISCHES ELEKTROMETER. PHOTOGRAPHIE DES ELEKTRISCHEN FUNKENS UND DES BLITZSTRAHLS 146

a. **Photographisches Elektrometer** 146
Gewöhnliches Elektrometer S. 146. — Photoelektrograph S. 147.

b. **Photographie des elektrischen Funkens und des Blitzes** 148
Arbeiten von Feddersen S. 148. — Arbeiten des Verfassers S. 151. — Photographie elektrischer Funken S. 152. — Photographische Arbeiten von Ducretet S. 154. — Der differente photographische Eindruck von positiver und negativer Elektrizität S. 155—158. — Photographie der Blitze S. 158. — Photographie des Nordlichts S. 192.

2. PHOTOGRAPHIE DER TÖNE 159
Lissajous' Klangfiguren S. 159. — Aufschreiben der Töne auf berusste Cylinder S. 160. — Optische Darstellung der Töne S. 161. — Ton-Lichtkurven S. 161. — Photographie der Stimmgabelschwingungen S. 161 bis 164. — Schwingende Saiten S. 165. — Photographie der Töne von Saiteninstrumenten S. 166. — Photographie der Akkorde S. 167. — Photographie gesungener Töne S. 168. — Photographische Darstellung manometrischer Flammen S. 171. — Photographie schwingender Membranen S. 192.

3. ÜBER PHOTOELEKTRISCHE MESSUNGEN MINIMALER ZEITEINHEITEN . 173
Begriff minimaler Zeiteinheiten S. 173. — Methode zur photographischen Darstellung derselben S. 176—184. — Beispiel der photographischen Geschwindigkeitsmessung der Nervenleitung S. 177. — Die zugehörigen

Seite

Apparate S. 179—181. — Berechnung der Zeiteinheiten aus den gewonnenen photographischen Kurven S. 182—184. — Photographie fallender Körper S. 185. — Berechnung der Fallzeit aus den betreffenden Photographien S. 185.

4. PHOTOGRAPHIE DER INTERFERENZ-, BEUGUNGS- UND POLARISATIONS-ERSCHEINUNGEN DES LICHTES 186

Grundbegriffe S. 186. — Photographischer Polarisationsapparat S. 187. — Verschiedene Methoden der Anwendung S. 188.

ANMERKUNGEN UND ZUSÄTZE 189

Berichtigung betreffend die norddeutsche Sonnenfinsterniss-Expedition vom Jahre 1868 S. 189. — Sternschnuppen-Photographie S. 190. — Entdeckung eines Sternnebels durch die Photographie S. 191. — Zur Photographie des Venusdurchgangs auf den Aucklandsinseln S. 192. — Photographie des Nordlichts S. 192. — Photographie schwingender Membranen S. 192.

SECHSTES KAPITEL.

PHOTOGRAMMETRIE UND MILITÄRPHOTOGRAPHIE.

1. DIE PHOTOGRAMMETRIE. (Bearbeitet von Dr. F. Stolze) 193

Eigenthümlichkeiten perspektivischer Zeichnungen S. 193. — Mechanische Darstellung eines perspektivischen Bildes S. 194. — Begriffe, Verschwindungspunkt, Horizont, Distanz und Grundlinie S. 195. — Methode der Bestimmung von Augenpunkt und Distanz S. 196. — Grundriss-Entwurf eines Körpers S. 197. — Erste praktische Verwendung der Photogrammetrie S. 198. — Der photographische Messtisch von Chevalier S. 199. — Theorie der photogrammetrischen Methode S. 201. — Die epochemachenden Arbeiten Meydenbauer's S. 202. — Photogrammetrische Aufnahme eines Festungsterrains S. 203. — Meidenbauer's photographischer Theodolit S. 204. — Dr. Stolze's Theilnahme an Meydenbauer's Resultaten S. 205. — Das Pantoskop zur Photogrammetrie S. 206. — Bestimmung des Horizontal- und Vertikalwinkels einer Bergkuppe S. 209. — Methode des Rückwärtsabschneidens S. 210. — Verbindung mehrerer Bilder zur Konstruktion eines Planes S. 211. — Photogrammetrie und Spezialvermessung S. 212. — Verwendung der Photogrammetrie in der Architektur S. 213. — Die Photogrammetrie im Feldzuge S. 214. — Perspektograph von Ritter S. 216. — Korrektion der Verzerrung von photogrammetrischen Papierabdrücken S. 218.

2. ANWENDUNGEN DER PHOTOGRAPHIE IN DEN MILITÄRWISSENSCHAFTEN 218

Militärische Photographie im Allgemeinen S. 219. — Die einschlägigen Arbeiten S. 219. — Photographie fliegender Kanonenkugeln S. 221. — Photographie abgeschossener Flintenkugeln S. 223. — Photographie im Seewesen S. 224. — Photographirte militär-geographische Karten S. 225. — Die Leistungen Scamoni's S. 225. — Luftballon-Photographie im Kriege S. 226. — Einschlägige Resultate S. 227 und 228.

Seite

SIEBENTES KAPITEL.

DIE OPTISCHE PROJEKTIONSKUNST.

I. ALLGEMEINES 229

Werth des optischen Anschauungsunterrichtes für die Naturwissenschaften S. 229. — Primitive Projektionslaterne S. 230. — Die Kondensatoren S. 231. — Berechnung des Bildabstandes S. 233. — Centrirung des Lichtpunktes S. 235.

2. DIE ÜBLICHEN PROJEKTIONSAPPARATE 236

a. **Das Skioptikon mit Petroleum-Beleuchtung** 237

Skioptikon, äussere Ansicht S. 237. — Skioptikonlampe von Stöhrer S. 239.

b. **Das Pinakoskop** 239

Pinakoskop von Ganz S. 240. — Lampe dazu S. 240. — Skioptikon mit Argand'schem Brenner S. 241.

c. **Der Kalklicht-Apparat** 241

Wasserstoff-Bereitung S. 242 u. 243. — Sauerstoff-Bereitung S. 244. — Gassack S. 245. — Gasometer S. 245. — Das Knallgasgebläse S. 247. — Knallgasgebläse mit Drehvorrichtung S 248. — Sicherheitsventile S. 248. — Der Kalkcylinder S. 249. — Magnesiastift-Brenner mit Projektionsvorrichtung S. 250. — Loenholdt'scher Brenner S. 250. — Plattenförmiges Knallgasgebläse nach Liesegang S. 251. — Knallgasgebläse nach Marcy S. 251. — Skioptikon mit Knallgasgebläse S. 252. — Knallgasgebläse mit atmosphärischer Luft S. 252. — Gusseiserner Cylinder für komprimirten Sauerstoff S. 253. — Cylinder zur Kompression des Sauerstoffs S. 253. — Knallgasgebläse mit Alkohollampe S. 254.

d. **Das elektrische Licht zu Projektionszwecken** 254

Elektrische Lampe für das Skioptikon S. 255. — Einfache elektrische Projektionslampe S. 256. — Elektrische Bühnen-Projektionslampe S. 256. — Elektrische Glühlampe für das Skioptikon S. 256. — Projektionsapparat mit Magnesiumlampe S. 257.

e. **Projektionsapparate für spezielle Unterhaltungszwecke** 258

1. PROJEKTIONSAPPARATE FÜR NEBELBILDER 258

Skioptikon für Doppelbilder S. 258. — Darstellung von Nebelbildern S. 259. — Doppel-Projektionsapparat S 260. — Tripel-Projektionsapparat S. 261. — Das Richten übereinander stehender Doppel-Projektionsapparate S. 262.

2. PROJEKTIONSAPPARAT FÜR PHANTASMAGORIEN 263

Gestell zur Phantasmagorie S. 263.

3. PROJEKTIONSAPPARAT FÜR DURCHSICHTIGE KÖRPERLICHE GEGENSTÄNDE 264

4. PROJEKTIONSAPPARATE FÜR OPAKE KÖRPERLICHE GEGENSTÄNDE . 264

Megaskop oder Wundercamera S. 265. — Wundercamera von J. Ganz S. 266. — Theorie der Beleuchtungsmethode beim Megaskop S. 266. Beispiel eines megaskopischen Projektionsbildes S. 267. — Kleiner Opakapparat von J. Ganz S. 267.

Seite

3. NEBEN-APPARATE 268

Schablonen und Trimmer für die Bildformung S. 268. — Doppelschieber für Projektionsbilder S. 269. — Mechanische Vorrichtung zum Vorbeischieben der Projektionsbilder S. 269. — Mechanismus für bewegliche Bilder S. 269. — Bewegung der Bilder durch elastische Schnüre S. 270. — Farbige Scheiben für Projektionsbilder S. 271. — Projektionstrog S. 271. — Centrirapparat für den Projektionstrog S. 271. — Vorrichtung zur Projektion querliegender Gegenstände S. 272. — Schale für chemische Versuche S. 273. — Gas-Distributionshahn S. 274. — Transportable Projektionswand S. 275.

4. DIE VERWENDUNG DES PROJEKTIONS-APPARATES ZU UNTERRICHTSZWECKEN 275

a. **Experimente für den physikalischen und chemischen Unterricht** . . 265

Projection des Elektroskops S. 276.

1. MECHANIK 276

2. HYDROSTATIK 277

Kapillarröhren von verschiedener Weite S. 277. — Wasserkurve zwischen Glasplatten S. 277. — Meniskusbildung des Wassers und Quecksilbers in Röhren S. 277. — Hochstehen des Wassers in Kapillaren S. 278. — Hebung von Quecksilber durch elektrische Ströme S. 278. — Ausfluss des Wassers in Parabelform S. 278. — Nachweis der Tropfenbildung S. 279. — Prinzip der Wasserhebung durch Luftzug S. 280.

3. WÄRMELEHRE 280

Thermometer S. 280. — Wasserzirkulation durch Wärme S. 280. — Ausdehnung durch Wärme S. 281. — Leitung durch Wärme S. 281.

4. ELEKTRIZITÄTSLEHRE UND MAGNETISMUS 282

Projektionsgalvanometer S. 282. — Vertikaler Projektionsapparat S. 282. — Apparate zur Projektion magnetisscher Erscheinungen S. 283. — Projektionsbild magnetischer Kraftlinien S. 284. — Chemische Zersetzung durch den galvanischen Strom S. 284. — Das elektrolytische Gesetz S. 285. — Wärme- und Eloktrizitätsbeziehungen S. 286.

5. AKUSTIK 286

Optische Darstellung der Töne S. 286. — Projektion von Tonschwingungen S. 288.

6. OPTIK 288

Strahlenbrechung durch Flüssigkeiten S. 289. — Strahlenbrechung durch Glas S. 289. — Totalreflexion des Lichtes durch Wasser S. 290. — Gefasste Nicol'sche Prismen für Projektionsapparate S. 291. — Polarisations-Projektionsapparat S. 291. — Projektions-Kaleidoskop S. 293. — Scheibenrädchen für Farbenmischung S. 293. — Projektion des Sonnenspektrums S. 294. — Tyndall's Universalapparat zur Zerlegung des Lichtes und zur Erzeugung von Mischfarben S. 295. — Optische Täuschung mit parallelen Linien S. 295. — Permanenz der Netzhauteindrücke S. 296. — Projektions-Stroboskop von Stöhrer S. 296.

Seite

7. SPEKTRALANALYSE 296
Objektive Darstellung der Natriumlinie S. 297. — Dubosq'sche elektrische Lampe zu Spektralversuchen S. 298.

8. CHEMISCHE EXPERIMENTE 298
Projektions-Vorrichtungen für chemische Analysen S. 299.

b. **Projektion mikroskopischer Gegenstände** 299

1. APPARATE FÜR SCHWACHE UND MITTELSTARKE VERGRÖSSERUNG . 299
Strahlenbrechung im Projektionsmikroskope S. 300. — Projektionsmikroskop mit Drummond'schem Kalklichte S. 300. — Projektionsmikroskop in perspektivischer Ansicht S. 301. — Gas-Projektionsmikroskop für mittelstarke Vergrösserungen S. 301.

2. APPARATE FÜR STARKE VERGRÖSSERUNG 302
Grosses Projektionsmikroskop von Hugo Schröder S. 302. — Dubosq's Vergrösserungsapparat mit elektrischem Licht S. 303. — Elektrischer Handregulator von Sautter-Lemonnier S. 305. — Plössl's grosses Projektionsmikroskop S. 306. — Nebenapparate zum Plössl'schen Instrumente S. 309.

3. SONNENMIKROSKOPE 310
Bertsch's Sonnenmikroskop S 310. — Sonnenmikroskop mit Licht-Spiegelung S. 311.

4. OBJEKTE FÜR MIKROSKOPISCHE PROJEKTIONEN 311
Apparat zur mikroskopischen Untersuchung lebender Wasserthiere S. 312.

c. **Projektion anatomischer und zoologischer Präparate, sowie physiologischer Vorgänge** 313
Darstellung des Blutkreislaufs mittels des Zahnrad-Projektionsapparates S. 313. — Kreislauf des Blutes S. 314. — Doppeltransmission für elektrische und pneumatische Uebertragung S. 315. — Projektions-Kymographium mit elektrischem Lichte S. 316. — Projektion der Herzbewegung S. 317. — Das Kardioskop S. 318. — Lichteffekte des Kardioskops S. 319.

d. **Astronomische Projektionen** 320

e. **Projektions-Spektatorium** 321
Czermak's Normal-Spektatorium S. 321.

5. **DIE PROJEKTIONSKUNST IM THEATERWESEN** 322
Die elektrischen Beleuchtungs-Einrichtungen auf der Bühne S. 322. — Umschalter für 6 Batterieströme zu Bühnenzwecken S. 323. — Elektrischer Handregulator S. 325. — Parabolische Projektionsspiegel S. 327. — Einrichtungen für farbige elektrische Beleuchtung S. 328. — Elektrischer Reflektor für Bühnenzwecke S. 328. — Drummondsches Kalklicht zu Bühnenzwecken S. 329. — Darstellung der Sonne S. 330. — Wolkenprojektionen S. 331. — Projektionscamera für Geistererscheinungen S. 332. — Projektionsprisma zur Darstellung des Bühnen-Regenbogens S. 332. — Optische Theorie zur Darstellung von Geistererscheinungen S. 333. — Geistererscheinungen S. 334.

Seite

6. EINIGES ÜBER DIE ANFERTIGUNG VON PROJEKTIONSBILDERN 334
Vorrichtung zur Anfertigung von Transparentbildern S. 335. — Darstellung von Projektionsbildern mittels Bromgelatine-Trockenplatten S. 335, — mittels Chlorsilber-Trockenplatten von Wilde S. 336. — Das Malen der Projektionsbilder S. 337. — Firmen für Projektionsbilder S. 337. — Literatur über die Projektionskunst S. 338.

ACHTES KAPITEL.

DIE PHOTOGRAPHISCHE TECHNIK FÜR WISSENSCHAFTLICHE ZWECKE.

I. DIE FRÜHEREN ZUM THEIL NOCH GEBRÄUCHLICHEN METHODEN . . . 339
Die neuen Trockenverfahren im Allgemeinen S. 339. — Historische Entwickelung S. 340. — Papiertrockenverfahren von C. Gray S. 341. — Auf Eiweiss von Niépce de St. Victor S. 343 — von Ferrier S. 343. — Kollodiumverfahren S. 343. — Multiplikatorcamera S. 344 — Ferrotypien S. 345. — Kollodiumemulsion S. 346.

2. MODERNE AUFNAHMEAPPARATE 346

a. **Kamera** 346
Das moderne Aufnahmeinstrumentarium S. 347. — Dilettantenkamera von Haake und Albers S. 348.

b. **Kassetten** 349
Moderne Kassetten S. 349. — Warnerke's Rollkasette S. 350. — Kasetten von Eastman und Walker S. 352. — Negativpapier von Ferran und Pauli S. 353. — Heliopiktor S. 354.

c. **Momentverschlüsse** 359
Pneumatischer Momentverschluss mit Klappe S. 359. — Derselbe mit Schieber S. 360. — Mit Federbewegung S. 361. — Elektrischer Verschluss S. 361 (Bd. I, S. 43).

d. **Complete Momentapparate** 362
Enjalbert's Revolver S. 363. — Stirn's Geheimkamera S. 364. — v. Schlicht's Blitzkamera S. 365. — De Neck's Hutkamera S. 366.

e. **Objektive** 367
Aplanate und Antiplanete von Steinheil S. 368. — Pantoskop von Busch S. 369. — Linsen von Hermagis, Francais und Derogy S. 369. Chemischer Fokus S. 370.

3. DAS BROMSILBER-GELATINE-VERFAHREN 372

a. **Prüfung der Bromsilbergelatineplatten** 372
Warnerke's Sensitometer S. 372. — Edison's Plattenprüfung mittels elektrischen Lichts S. 374.

b. **Der Dunkelraum** (Vgl. auch Bd. I, S. 250) 377
Das photographische Reisezelt S. 378. — Die rothscheibigen Lampen S. 378. — Der rothe Cylinder S. 379.

c. **Einstellen der Bilder** 379
Richtung des Apparats S. 379. — Einstell-Loupe S. 380. — Methode des Einstellens S. 380.

Seite

d. **Über die Aufnahme mit Bromgelatineplatten** 380
Belichtungszeiten S. 380. — Momentaufnahmszeiten S. 382.

e. **Das Entwickeln aufgenommener Bilder** 383
α. Hervorrufungsmethoden S. 383. — β. Fixirungsmethoden S. 387. — γ. Verstärken und Lackiren S. 388. — δ. Abziehen der Negative S. 389. ε. Fehler auf den Platten S. 390.

f. **Orthochromatische Platten** 391

4. DER POSITIV-PROZESS 392

a. **Silberdrucke** 392
Silberbäder S. 393. — Goldbäder S. 394. (Dieser Paragraph ist ausführlicher schon behandelt Bd. I, S. 275 bis S. 288).

b. **Platindrucke** 394
Chemikalien S. 394. — Lösungen S. 395. — Sensibilisirung der Papierbogen S. 395. — Fixirung S. 396.

c. **Bromsilberpapier-Drucke** 396

d. **Vergrösserungsdrucke** 396
Auf Papier S. 397. — Auf Glas S. 397. — Diapositive S. 398. — Fensterbilder S. 398. — Getonte Glasbilder S. 398.

5. DIE VERVIELFÄLTIGUNGSMETHODEN DURCH PHOTOGRAPHISCHEN PRESSENDRUCK 399

a. **Photolithographie und Photozinkotypie** 399
Präparation des Überdruckes mit Chromsalzen S. 399. — Mit Asphalt S. 400. — Die lithographische Presse S. 401. — Behandlung der photolithographischen Steine S. 401. — Die übrigen Methoden S. 401.

b. **Woodbury's Reliefdruck** 402

c. **Der unveränderliche Lichtdruck** 403
Die Methoden Albert's und Obernetter's S. 403. — Die neueren Methoden S. 404. — Die bekannteren Lichtdruckfirmen S. 405. — Steinheils Umkehrungsprisma S. 406. — Talbot's Umkehrungsapparat S. 406.

d. **Der Aubeldruck und der Negativdruck** 407
Karl Aubel's Erfindungen S. 407. — Direkter Druck vom Negativ S. 407. — Negativdruck der deutschen Reichsdruckerei S. 408.

e. **Die Heliographie** 408
Galvanoplastische Clichés von Spencer und Jacobi S. 408. — Druckfähige Daguerreotypien S. 409. — Die Arbeiten von Pretsch und Poitevin S. 409, — von Baldus, Dujardin, Goupil (Rousselon) Mariot, Franz u. Kliçk S. 410. — Das Auftreten Georg Scamoni's S. 412. — Dessen Methode S. 413. — Das Heliographiren in der Kaiserl. Reichsdruckerei zu Berlin S. 414.

f. **Der Autotypiedruck** 415
Methode von Meysenbach S. 415, — von Angerer und Göschl S. 416.

6. DIE PHOTOXYLOGRAPHIE UND PHOTOSKULPTUR 418

a. **Die Photoxylographie** 418
Methode von Leth S. 418. — Methode mit Silberung der Holzstöcke S. 419.

Seite

b. **Die Photoskulptur** 420
Deren Enstehung S. 420. — Villème's Atelier S. 421. — Übertragung des photographischen Bildes auf Thon S. 422. — Arbeiten von Benque S. 423.

7. FARBIGE PHOTOGRAPHIEN 423

a. **Photographie in natürlichen Farben** 423
Seebach's Versuche S. 423. — John Herschel S. 424, — Versuche von Becquerel S. 424, — von Poitevin S. 424. — von Zenker S. 426, — von St. Florent S. 426, — von Niépce de St. Victor S. 427.

b. **Der Farbenlichtdruck** 427
Arbeiten von Albert S. 427, — von Obernetter S. 431, — von Loewi S. 431, — von Angerer und Göschl S. 431.

c. **Farbige Photographien nach anderen Methoden** 431

ERKLÄRUNG DER ASTRONOMISCHEN TAFEL (TAF. IX).

(Gehört zu Seite 192.)

Fig. 1. Sonne mit Sonnenflecken, aufgenommen von Rutherfurd in New-York. Vgl. S. 28—33.

Fig. 2. Sonnenfinsterniss vom 7. Aug. 1869. Aufgenommen gegen das Ende der Totalität von Dr. B. A. Gould in Burlington (Jowa), Vereinigte Staaten von Nordamerika. Vgl. S. 33—49.

Fig. 3. Sonnenfinsterniss vom 12. Dezember 1871. Bild der Korona. Aufgenommen in Tjilentap auf Java mit einem stationären Apparate und liehtstarkem Portrait-Objektiv von C. Dietrich, Photograph in Buitenzorg auf Java. (Expositionszeit $^1/_3$ Sekunde). Vgl. S. 33—49.

Fig. 4. Photographisches Sonnenspektrum mit den Fraunhofer'schen Linien von *D* bis in die ultraviollette Region *P*. Vgl. Band I, S. 83—89.

Fig. 5. Mondphase, von Rutherfurd in New-York aufgenommen. Erstes Viertel. Vgl. S. 49—64.

Fig. 6. Mondphase, von Rutherfurd in New-York aufgenommen. Letztes Viertel Vgl. S. 49—64.

SPEZIELLER THEIL.

DRITTES KAPITEL.

DIE ASTRONOMISCHE PHOTOGRAPHIE.*)

I. DIE OPTISCHEN UND TECHNISCHEN HILFSMITTEL ZUR ASTRONOMISCHEN PHOTOGRAPHIE.

Die Vortheile, welche die Anwendung der Photographie auf das Studium der Gestirne und für die Aufzeichnung der Sternbahnen darbietet, lassen sich nach drei Richtungen betrachten; erstens in Bezug auf die Wiedergabe der physischen Gestalt der Himmelskörper selbst (Photographien der Sonne, des Mondes, der Planeten und Kometen), zweitens in Betreff der relativen Stellung zweier Gestirne zu einander (Sonnenfinsternisse — Doppelsterne — Sternbilder) und drittens rücksichtlich der auf den gewonnenen Photographien vorzunehmenden Messungen und Berechnungen (Planeten-Vorübergänge — Mond- und Sonnenkarten, Spektren der Gestirne etc.).

Als Vorzug der photographischen Beobachtung vor jener mit dem Auge ist vor Allem der Umstand zu nennen, dass sie den Beobachter mit allen Fehlerquellen, welche aus der Unvollkommenheit seiner Sinne, seiner Voreingenommenheit und augenblicklichen Disposition hervorgehen, mit einem Worte: dass sie die verdächtige Vermittelung unserer Sinnesthätigkeit eliminirt und an deren Stelle,

*) Die Neubearbeitung des vorliegenden Kapitels: „astronomische Photographie", verdankt der Verfasser der Güte des Direktors der Sternwarte zu Prag, Herrn Professor Dr. L. Weinek, welcher sich der mühevollen Arbeit unterzogen hat, den Text der im Jahre 1876 erschienenen ersten Bearbeitung dieses Kapitels zu revidiren und durch viele eigene Zusätze und Verbesserungen mit dem heutigen Standpunkte der astronomischen Wissenschaft in Einklang zu bringen. Es stammen demnach die, in der ersten Auflage nicht enthaltenen, neu zugefügten Erörterungen zum grössten Theil aus der Feder des genannten Forschers und verfehlen Verfasser und Verleger des Gesammtwerkes nicht, Herrn Professor Dr. Weinek hiermit ihren innigsten Dank für seine bezügliche Mühewaltung auszusprechen.

sobald die dem optischen Apparate anhaftenden Fehler erkannt sind, vollkommen Wahres liefert. Bei momentanen Erscheinungen, welche selbst der geübte Zeichner nur in der Erinnerung und deshalb nur ungenügend festzuhalten vermag, ist sie geradezu unersetzlich. Endlich liefert sie unvergängliche Aufnahmen der himmlischen Objekte, welche gleichsam eine Chronik des Himmels bilden, aus welcher zu allen Zeiten von den verschiedensten Interpreten geschöpft werden kann. Die Photographie der Gestirne bietet aber besondere Schwierigkeiten, da einestheils die zu photographirenden Objekte infolge der täglichen scheinbaren Umdrehung des Himmelsgewölbes beständig ihren Ort verändern, und anderntheils viele derselben überaus lichtschwach sind. Der erste Umstand erheischt die Anwendung von Instrumenten, welche, drehbar um eine zur Erdachse parallele Richtung und getrieben durch ein vorzügliches Uhrwerk, dem Sterne in seiner täglichen scheinbaren Bahn genau folgen. Dazu ist es noch bei lichtschwachen Objekten mit Eigenbewegung, wie den Kometen, nothwendig, in Benützung eines an demselben Stative angebrachten zweiten Fernrohres die Abweichungen von jener täglichen Bewegung fortlaufend und sorgfältig mit den betreffenden Schlüsseln des Instrumentes zu korrigiren. Die Bewältigung der zweiten Schwierigkeit erfordert dagegen sehr lichtstarke Instrumente und ein möglichst sensibles photographisches Verfahren. Die auf solche Weise erhaltenen Bilder müssen sobald sie zu astronomischen Messungen dienen sollen, vollständige Naturtreue besitzen d. i. bei vollkommener Schärfe des Bildes von jeder Verziehung der photographischen Schicht und jeder Verzerrung durch den optischen Apparat frei sein.

Um Alles das zu erreichen, ist in erster Linie eine in einen Rahmen eingelassene mattgeschliffene Scheibe in der Weise mit dem zu benutzenden Fernrohre in Verbindung zu bringen, dass die Linsen- und Spiegelsysteme ein objektives Bild auf der erwähnten Glasplatte zu erzeugen im Stande sind. Dieses Bild muss je nach Entfernung und Grösse des zu photographirenden Weltkörpers durch Verschiebung des Okulars scharf auf der matten Scheibe eingestellt werden können. Eine Vorrichtung, die matte Scheibe mit einer lichtempfindlichen präparirten Platte zu vertauschen, muss selbstverständlich getroffen werden.

Spiegeltelescope eignen sich zur astronomischen Photographie besser als Linsenfernrohre. Während der Lichtverlust bei den erstgenannten Instrumenten selbst bei zweimaliger Spiegelung mittels gut gesilberter Glasspiegel nur ca. 17 Prozent beträgt, erreicht er bei

den Objektiven der besten Linsenfernrohre gegen 23 Prozent. Ferner sind die Spiegelteleskope, da sie das Licht nur reflektiren und nicht brechen, wie dies bei den Refraktoren geschieht, von dem Fehler der Farbenzerstreuung frei.

Das Refraktionsfernrohr, auch dioptrisches Fernrohr oder kurz Refraktor genannt, ist bekanntlich aus brechenden Linsensystemen zusammengesetzt, während das Reflexionsteleskop oder katoptrische Fernrohr, auch einfach Teleskop genannt, aus einer Kombination spiegelnder Flächen besteht.

Fig. 1. Stellung der Linsen im Refraktor.

Vergegenwärtigen wir uns in Kürze die optischen Systeme der beiden Instrumente. In Figur 1 begegnen wir dem Refraktionsrohre. Es ist aus zwei Linsensystemen zusammengesetzt, dem kleineren Okulare und dem grösseren Objektive. — Das durch die Objektivlinse R gebildete, im Tubus des Fernrohres entstehende reelle Bild $a\,b$ (Fig. 2) des im Weltraum gedachten Körpers $A\ B$ wird durch das Okular S vergrössert in einiger Entfernung bei $A'\ B'$ wahrgenommen. — Der Reflektor dagegen, Fig. 3, und Fig. 4, besteht aus einer Kombination der Okularlinse mit reflektirenden Spiegeln. Das Okular kann an dem einen Ende des Teleskops oder seitlich angebracht sein; die von $A\ B$ kommenden Strahlen werden durch den Hohlspiegel $M\ M$ in den kleinen Spiegel m reflektirt und von hier aus in das Auge des Beschauers geworfen, welcher sich hinter dem in der Mitte durchbohrten Hohlspiegel $M\ M$ befindet. Das Auge versetzt mit Hilfe des Okulars das vergrösserte Bild $A'\ B'$ in die Verlängerung der Strahlen $a\ A'$ und $b\ B'$. In Fig. 4 ist das Okular seitlich angebracht und wird daher das Bild von der betreffenden Richtung aus wahrgenommen, d. h. direkt indem Spiegel m beobachtet. (Vergl. die Abbildungen der Teleskope S. 8 und 9.)

Die wesentlichen Instrumente zur genauen Bestimmung des Ortes der Gestirne an der Sphäre sind, entsprechend den in der Astronomie gebräuchlichen Fundamentalebenen des Horizontes und Aequators: das Altazimuth (altitudo et azimuth), auch Universalinstrument genannt, und die vereinfachte Art desselben, der Mittagskreis, ferner das Aequatorealinstrument. Das Altazimuth dient sowohl dazu, die

Höhe der Gestirne, als auch den Winkel zwischen den Vertikalkreisen derselben und dem Meridiane des Beobachtungsortes d. i. ihr Azimuth zu bestimmen; ein solches Instrument ist in Fig. 5 dargestellt. Es besteht bekanntlich im Wesentlichen aus zwei feingetheilten Kreisen

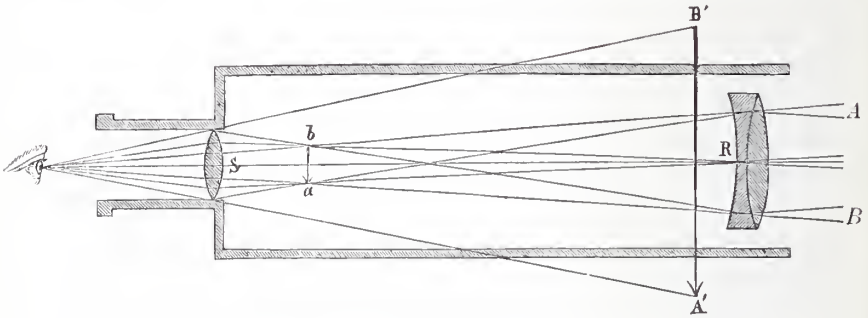


Fig. 2. Brechung der Lichtstrahlen im Refraktor.

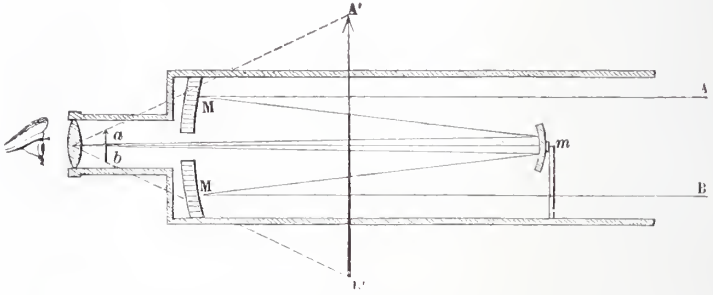


Fig. 3. Spiegelung der Lichtstrahlen im Reflektor.

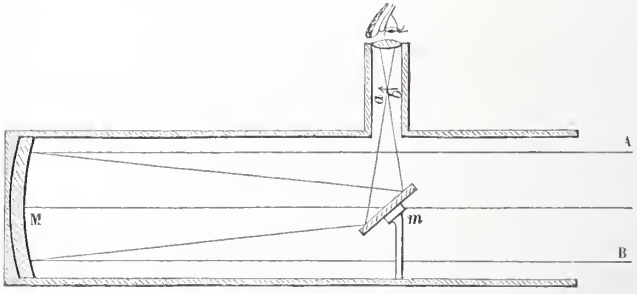


Fig. 4. Seitliche Stellung des Okulars am Reflektor.

Q und C; die Fussschrauben $V\,V$ dienen zum Horizontalstellen; das neben dem Kreise C befindliche Fernrohr L lässt sich sowohl in der Achse X als in der Achse Y nach allen Richtungen des Himmels stellen und wird der Drehungswinkel desselben durch Ablesen mittels

Nonien und kleiner Loupen oder bei feineren Instrumenten mittels Mikroskopen, die mit Fadenmikrometern versehen sind, bewerkstelligt.

Ein zweites Fernrohr L' dient dazu, Stellung und Richtung des Apparates zu kontroliren, während die Metallmasse P dem oberen Instrumente das Gegengewicht hält. Wenn dasselbe richtig aufgestellt und nivellirt ist, sollen die Nullpunkte des Nonius (Fig. 6) auf die Zahlen Null und 180 der Theilung der beiden feingetheilten Kreise zeigen. Richtet man das Fernrohr höher oder tiefer, so kann die Grösse der Drehung an den Nonien bei m und m' abgelesen werden. Im Okulare des Fernrohres befindet sich ein Mikrometerapparat (Fig. 7), mit welchem der Durchmesser der Gestirne oder die gegenseitige Entfernung zweier Gestirne gemessen wird.

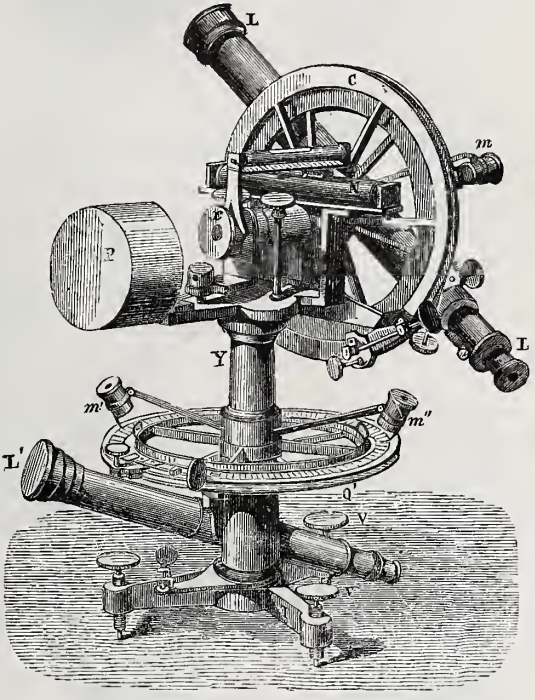


Fig. 5. Das Altazimuth.

Der Mittagskreis oder Meridiankreis ist ein Altazimuth ohne Horizontkreis, dessen Fernrohr sich nur in einem bestimmten Vertikalkreise und zwar in jenem des Meridianes zu bewegen vermag.

Alle durch die Weltachse $N S$ Fig. 8 gelegten Ebenen schneiden die Himmelskugel in grössten Kreisen, welche den Namen der Deklinationskreise führen. Durch jeden Stern kann man sich einen Deklinationskreis gelegt denken, welcher naturgemäss rechtwinklig auf der Ebene des Aequators $A Q$ zu stehen kommt. Der Viertelkreis $N O C$ Fig. 8 ist ein Theil des einem Sterne O angehörigen Deklinationskreises. Das Bogenstück $O C$ dieses Deklinationskreises, welches zwischen dem Sterne und dem Aequator liegt, nennt man die Deklination, oder die nördliche und südliche Abweichung eines Sterns oberhalb und unterhalb vom Aequator.

Der Bogen $O\ N$, das heisst die Entfernung des betreffenden Gestirnes vom Nordpole N, ist dessen Nord-Poldistanz; Poldistanz und Deklination ergänzen sich stets zu 90^0. Der Winkel, welchen der Deklinationskreis $N\ O\ C$ mit dem Meridian $N\ Z\ A$ beschreibt.

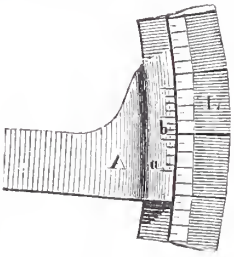


Fig. 6. Nonius.

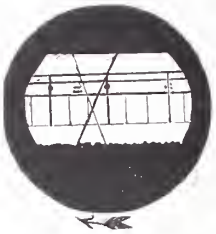


Fig. 7. Mikrometer.

vom Süden gegen West. Nord und Ost d. i. im Sinne der täglichen scheinbaren Bewegung der Gestirne gezählt, wird der Stundenwinkel genannt, welcher auf dem Aequator durch den Bogen $A\ C$ messbar ausgedrückt ist, während der Bogen des Aequators vom sogenannten Frühlingspunkte, V, d. i. von dem Durchschnittspunkte zwischen Aequator und Ekliptik (Sonnenbahn) bis zum Deklinationskreis eines Sternes die Rektascension VC, oder gerade Aufsteigung genannt wird; dieselbe wird entgegen der täglichen scheinbaren Bewegung der Gestirne, also im Sinne der wahren Achsendrehung der Erde gezählt. Durch Rektascension und Deklination ist die scheinbare Stellung eines Weltkörpers am Himmel vollkommen bestimmt.

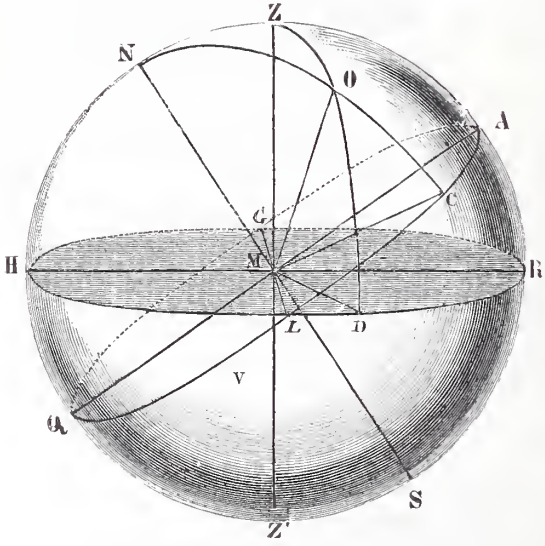


Fig. 8. Eintheilung des Himmelsgewölbes.

Der Unterschied zwischen Altazimuth und Aequatoreal besteht im Grunde genommen nur in der Aufstellung und könnte man jedes Altazimuth in ein Aequatoreal verwandeln, wenn man die Achse (Y Fig. 5) der Weltachse parallel stellen und entsprechend den Ring Q zur Ablesung der Stundenwinkel, den Ring C zur Ablesung der Deklination benutzen würde. Unsere Fig. 9, II, links vom Beobachter, stellt ein Fernrohr in

äquatorealer Aufstellung dar, wie sie auf Sternwarten zu finden sind. Die der Weltachse parallele Umdrehungsachse $A\ A$ ist durch die

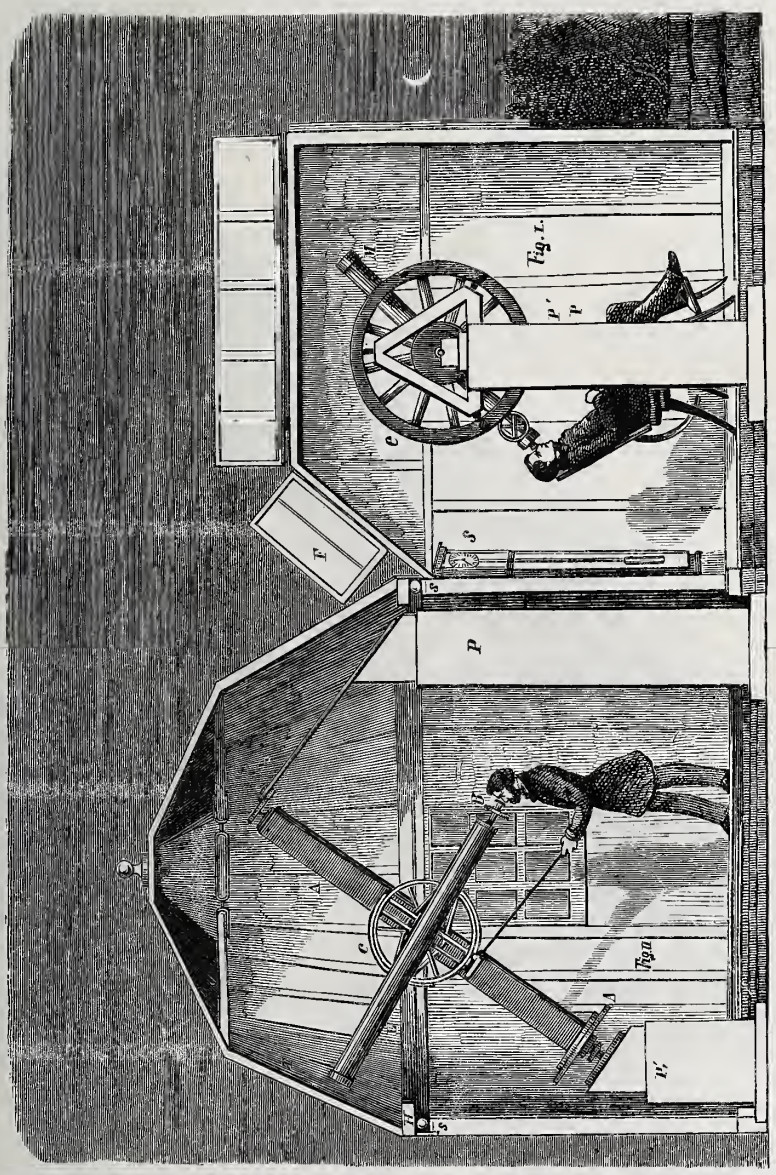


Fig. 9. Einrichtungen auf Sternwarten. I.

steinernen Pfeiler P, P' und eine obere Eisenstange getragen, A ist der Stundenkreis, C der Deklinationskreis. Der Nonius des Deklinationskreises steht auf Null, wenn die Achse des Fernrohres in der

Ebene des Aequators steht, also mit $A\,A$ einen rechten Winkel bildet. Das Instrument, Fig. 9 I. rechts vom Beobachter ist das Mittagsrohr oder das Passage-Instrument.

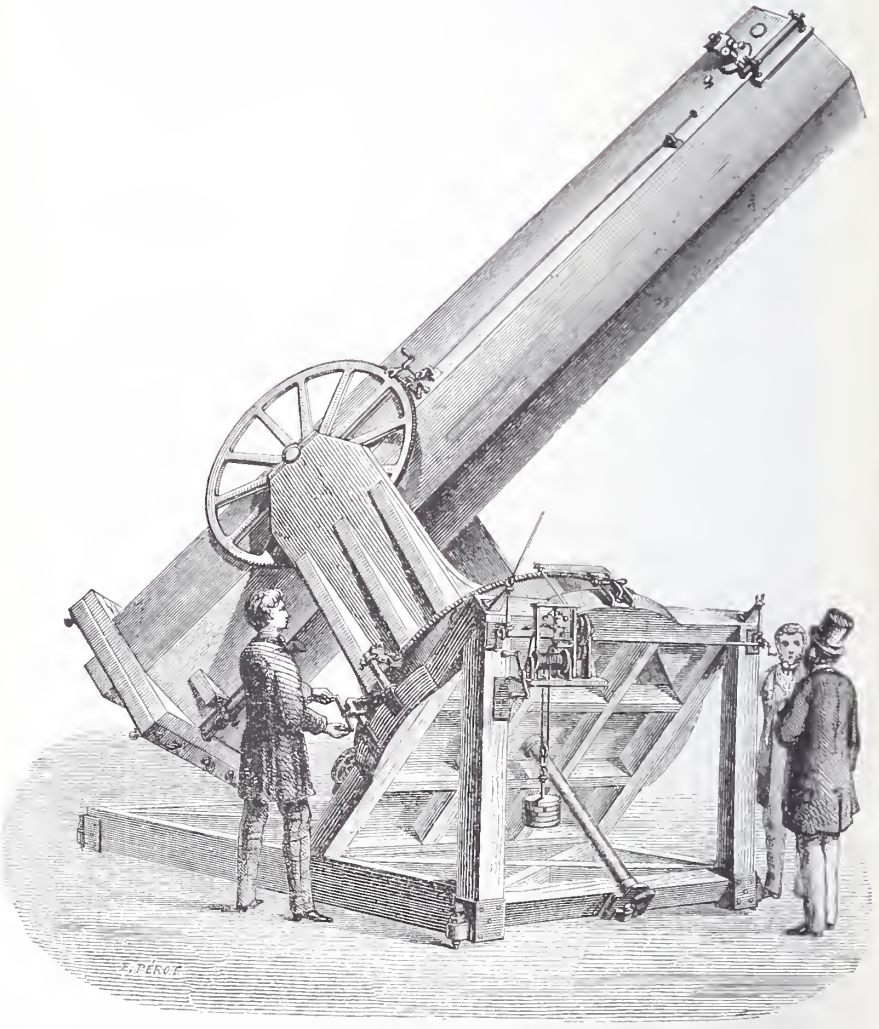


Fig. 10. Spiegelteleskop von Secretan.

Alle astronomisch-photographischen Apparate bestehen aus drei Theilen, dem mit den geschilderten Vorrichtungen versehenen Fernrohre, einem Uhrwerke, welches der scheinbaren Bewegung des Gestirnes, das photographirt werden soll, genau folgt, und der photo-

graphischen Vorrichtung, welche aus einer einfachen Kassette besteht, die vor das Okular des Fernrohres befestigt wird.

Fast ein jedes astronomische Fernrohr eignet sich, sobald es in eine äquatoreale Stellung gebracht werden kann, zum Photographiren; so z. B. das äquatoreal aufgestellte Spiegelteleskop von Léon Fou-

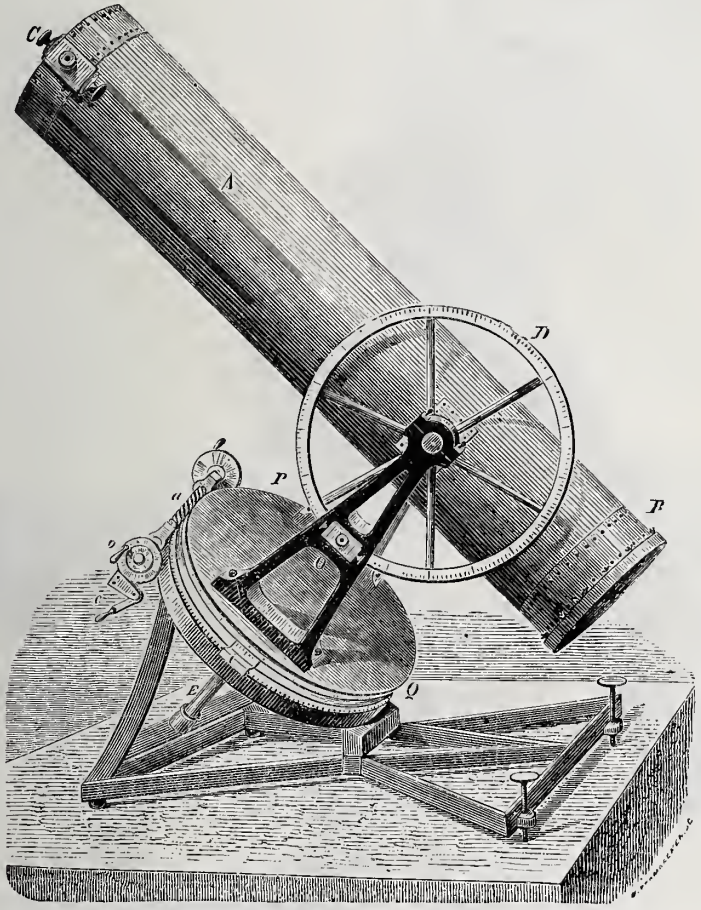


Fig. 11. Spiegelteleskop von Merz.

cault, welches von Secretan in Paris konstruirt worden ist (Fig. 10). Ganz analog diesem aus Tannenholzbretern gezimmerten Instrumente ist das kupferne Merz-Frauenhofer'sche Instrument gebaut (Fig. 11). *A B* ist der metallene Tubus des Teleskopes, die punktirte Linie *B* deutet den Reflexionsspiegel an. Seitlich oben in *C* befindet sich das Okular, durch welches vermittels eines Prisma das im Brennpunkte

des Spiegels dargestellte Bild dem Auge zugeführt wird. Der Stundenkreis ist in $P\,Q$, der Deklinationskreis in D gezeichnet. Um derartige Teleskope zur photographischen Darstellung der Himmelskörper benutzen zu können, wird das Okularstück bei C entfernt und durch einen Doppelring (Fig. 12) ersetzt; an den zentralen Ring dieser Vorrichtung wird die Camera mit der lichtempfindlichen Platte angeschraubt:

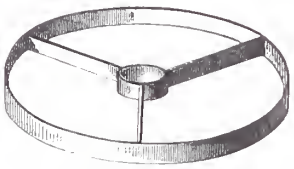


Fig. 12. Doppelring.

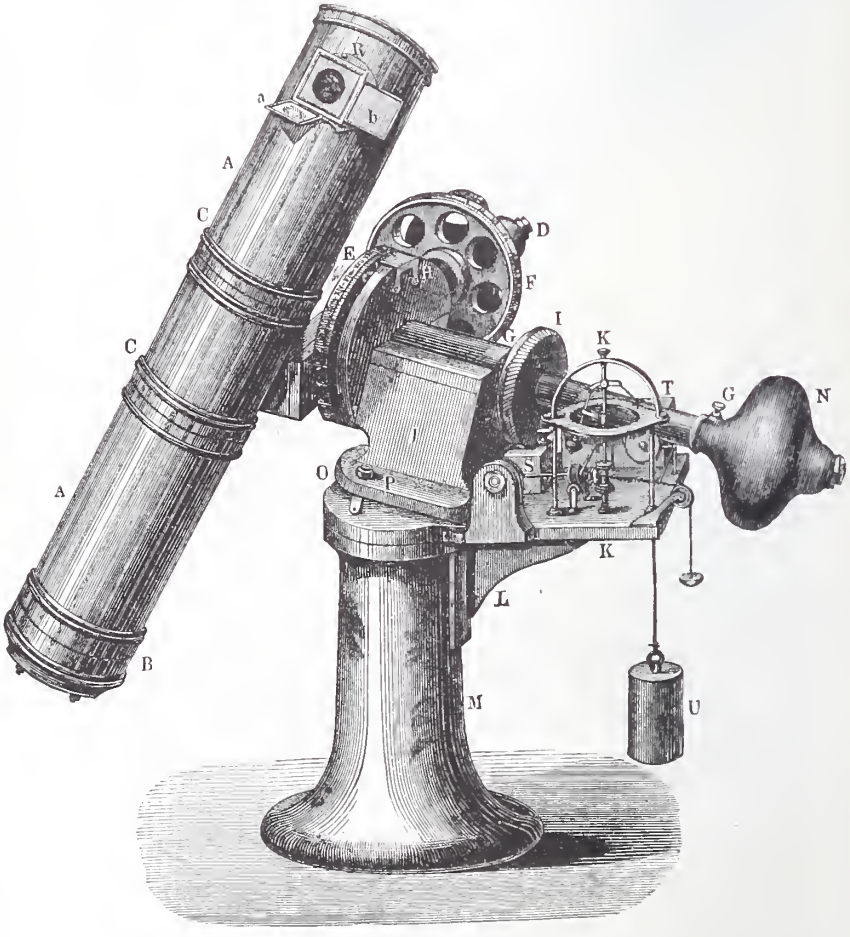


Fig. 13. John Browning's photographisches Teleskop.

der Ring dreht sich bei c in einem Schraubengewinde, sodass durch das Drehen des äusseren Ringes die auf drei Radialstangen gehaltene

kleine Camera mit ihrer matten Scheibe in ganz geringen Entfernungen auf und ab geführt werden kann, wodurch eine sehr genaue Einstellung ermöglicht wird. Die matte Scheibe und die Kassette für die lichtempfindliche Platte sind in einen Rahmen zum Zwecke der raschen Aufeinanderfolge von Einstellung und Aufnahme zusammengefügt.

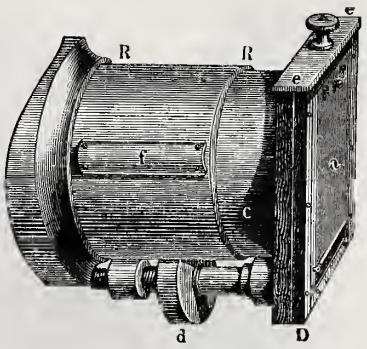


Fig. 14. John Browning's photogr. Okular.

Auch bei dem von John Browning in London angefertigten grossen Spiegelteleskope (Fig. 13), mit welchem bei der Sonnenfinsterniss am 18. August 1868 gearbeitet wurde, ist die photographische Einrichtung seitlich angebracht. Das Fernrohr *A A* ist mittels eiserner Ringe *c c* auf der Deklinationsachse befestigt und wird durch *D* im Gleichgewicht gehalten. Wir begegnen hier wieder, wie bei allen betreffenden Instrumenten in *E*, dem Stundenkreise, welcher auf dem Nonius *H* den Stundenwinkel und bei Kenntniss der Beobachtungszeit die Rektascension angiebt. Das Gewicht *N* kontrabalanzirt die ganze Vorrichtung, das Gewicht *U* bewegt das treibende Uhrwerk, welches im Kasten *T* eingeschlossen ist. — Das Okularrohr *R* (Fig. 14) ist mit der Kassette *D* verbunden und wird seinerseits am oberen Ende des Tubus aufgeschraubt. In *d* Fig. 14 finden wir eine Mikrometerschraube für das Nähern und Entfernen des Okulars zum Behufe scharfer Einstellung auf der matten Scheibe, welche in die Kassette Fig. 15 eingelegt wird. Das in derselben sichtbare Fadenkreuz bildet sich bei jeder

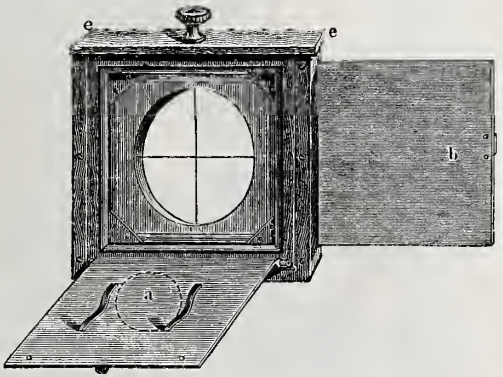


Fig. 15. Kassette zu Browning's photogr. Teleskop.

Fig. 16. Gang der Lichtstrahlen in Browning's photogr. Teleskop.

CAMERA CLUB LIBRARY
Catalogued & Indexed 1930 by

photographischen Aufnahme mit auf der Platte ab und bezweckt, dass die genaue Stellung der Sonnenscheibe auf jedem Bilde sich

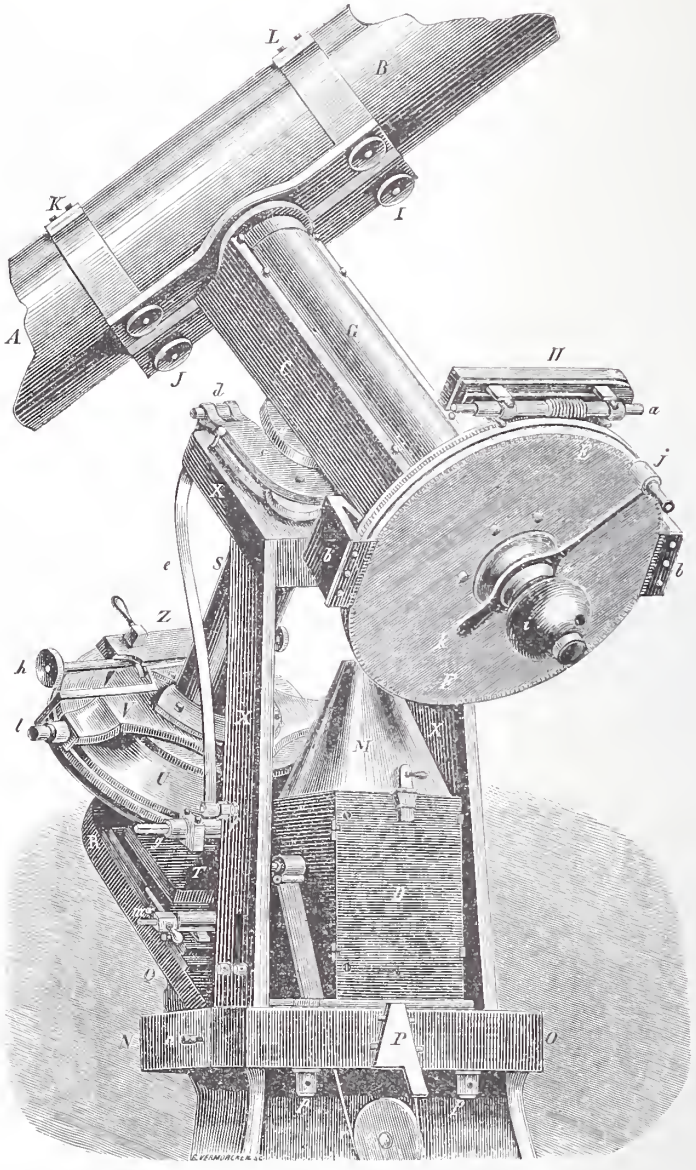


Fig. 17. Photographisches Uhrwerk am Wilnaer Fernrohre.

sofort deutlich zu erkennen gebe. Dem ganzen Apparate sind mehrere Kassetten beigegeben, welche zur Beschleunigung der Aufnahmen

hinter einander eingeschoben und später gemeinsam entwickelt zu werden pflegen. Fig. 16 zeigt einen Durchschnitt des Browning'schen Phototeleskopes; die auf den grossen Reflektor B fallenden Strahlen werden auf den Planspiegel $m\ n$ geworfen und gelangen von hier aus durch das Okular R in das Auge des Beobachters oder auf die in der Kassette (Fig. 14 und 15) befindliche präparirte Glasplatte.

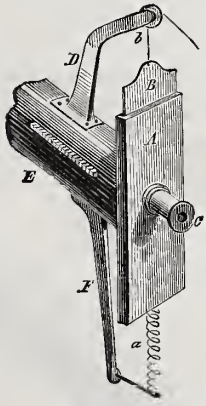


Fig. 19. Okular mit Momentanverschluss.

Anders verhält es sich bei den Refraktoren. Die Figg. 17 bis 19 zeigen das photographische Fernrohr des Observatoriums zu Wilna. $N\ O$ ist ein Fuss von Gusseisen, auf welchem der Stundenkreis U mit der polaren Achse S ruht. Letztere ist zwischen y und U leicht drehbar. Der Stundenkreis wird durch ein Okular l am Nonius bei V abgelesen; an das obere Ende y der Stundenachse oder Polarachse schliesst sich ein Metallstück C, in welchem die Deklinationsachse G ruht. $F\ E$ ist der Deklinationskreis mit der zugehörigen Stellschraube H. $b\ b$ sind die Nonien des Deklinationskreises. In $M\ D$ ist das Uhrwerk, welches durch ge-

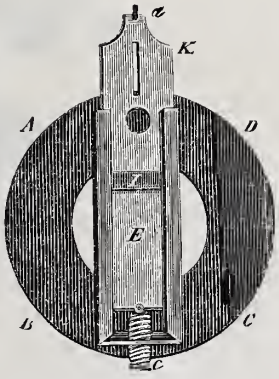


Fig. 20. Verschlussbrettchen.

Fig. 18. Photographische Einrichtung am Wilnaer Fernrohre.

eignete Rädersysteme die Schraube ohne Ende g bewegt, die wiederum in die gezahnte Peripherie des Stundenkreises eingreift. An der Achse G des Deklinationskreises ist mittels starker Ringe $K\,I$ und $L\,I$ das Phototeleskop $A\,B$ angeschraubt, während das schwere Gewicht i das Instrument in Gleichgewicht hält. In Fig. 18 ist das Fernrohr allein abgebildet. Das Objektiv von 3 Zoll Durchmesser ist bei D an den Tubus befestigt, bei I verschiebbar und durch die Schraube E festzustellen: das Bild des zu photographirenden Weltkörpers entsteht im zweiten Drittel des Tubus, an der Brennpunktstelle des Objektivs und wird von dort durch ein Okular in einer

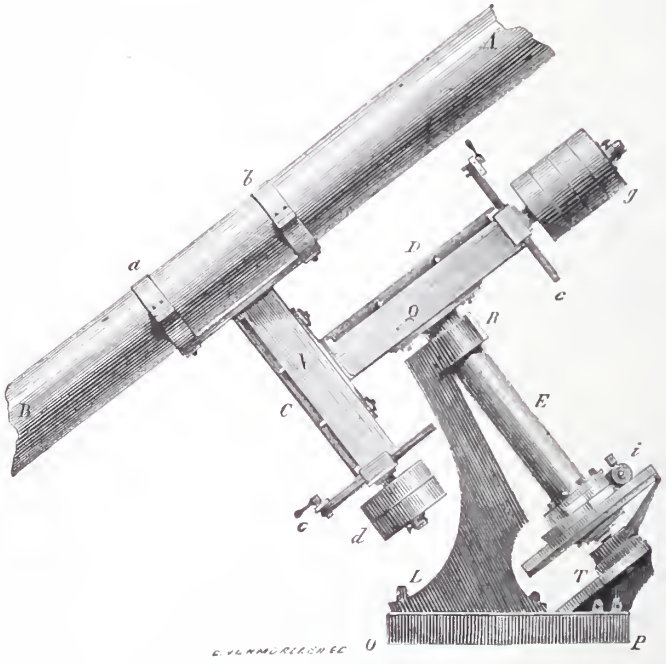


Fig. 21. Photographisches Teleskop zu Greenwich.

Grösse von 15 Centimeter auf die matte Scheibe B geworfen. Die metallene Camera A ist circa 50 Centimeter lang, die Kassette B, von Mahagoniholz, entspricht den in dem allgemeinen Theile dieses Buches erwähnten Vorrichtungen. Bemerkenswerth ist der bei F angebrachte Momentanverschluss, der durch die Feder a (Fig. 19) in Spannung gehalten und von einem Arm D mittels einer Rolle getragen wird, über welche der gespannte Gummifaden b läuft. Im geeigneten Momente wird der Faden durchschnitten. Zwischen dem Faden b

und der Feder *a* befindet sich der Verschluss *B* Fig. 19. dessen innere Einrichtung in Fig. 20 ersichtlich ist. *A D C B* stellt den Hohlraum zwischen der Tubusröhre und der in letzterem sitzenden Röhre des Momentanverschlusses dar. *K E* ist das Verschlussbret, welches über *I* eine runde Oeffnung besitzt. Im Momente, wo diese durch die Kraft der Feder *a* (Fig. 19) nach Trennung des Fadens *b c* (Fig. 18) an dem im Tubus befindlichen Sonnenbilde vorbeischnellt, giebt das Okular *c* (Fig. 19) das vergrösserte Bild der Sonne auf der empfindlichen Platte der Kassette *B* (Fig. 18) wieder. Zum Behufe regelmässig sich wiederholender Sonnenaufnahmen wird das Bild mit Hilfe des Aequatoreals einmal eingestellt und diese Einstellung wird nur von Zeit zu Zeit verifizirt. Das Uhrwerk veranlasst die stete Uebereinstimmung mit dem Sonnenstande. Im Uebrigen benutzt man das photographische Ansatzstück *B* gerade so wie bei einer gewöhnlichen photographischen Aufnahme.

Mr. J. B. Airy, Direktor der Sternwarte zu Greenwich, bedient sich zur photographischen Aufnahme der Himmelskörper eines doppelten Objektivs, das er mit einem eigenthümlich konstruirten äquatorealen Mechanismus in Verbindung bringt. — Die Achse *E* Fig. 21 steht parallel der Erdachse und ist mit dem Stundenkreise und dem Nonius *i* versehen. *D* ist die Deklinationsachse, *e* der Deklinationskreis, *g* das Gegengewicht.

Die dritte Achse *N* trägt das durch die Ringe *a*, *b* befestigte photographische Fernrohr *A B*, welches durch das Gewicht *d* balanzirt wird. Dasselbe dreht sich demnach um die Achse *N*, diese um die Achse *D* und das Ganze wiederum um die Achse *E*. — Auf diese Weise kann das Teleskop jeden beliebigen Bogen am Himmel durchlaufen, ist daher zur photographischen Darstellung von Himmelskörpern, welche von der täglichen Bewegung abweichen, z. B. der Kometen, besonders geeignet.

Auf der Sternwarte des Kammerherrn von Bülow zu Bothkamp in Holstein wird nach der von den Astronomen H. C. Vogel und O. Lohse getroffenen Einrichtung das Okular des dortigen Refraktors durch einen aus zwei achromatischen Linsen bestehenden Apparat ersetzt, von denen die vordere kleinere, welche der photographischen Platte am nächsten liegt, eine Oeffnung von 30 Millimeter und eine Brennweite von 102 Millimeter, die andere grössere eine Oeffnung von 50 Millimeter und eine Brennweite von 147 Millimeter besitzt. Das Objektiv des Fernrohres ist nicht chemisch achromatisirt und ist die Brennweite für chemische Strahlen 13 Millimeter grösser

als für das optische Bild. Aus den Mittheilungen des Assistenten jener Sternwarte, O. Lohse (gegenwärtig Observator am astro-physikalischen Observatorium zu Potsdam) entnehmen wir, dass die Camera obscura, welche zu den bezüglichen photographischen Aufnahmen verwendet wird, aus zwei mit Hilfe einer Schraube in einander verschiebbaren Cedernholzkästchen besteht. Lohse schreibt: „Dieselbe wird mittels der Hilfe des Vergrösserungsapparates, der zwei Gewinde trägt, von denen das eine links, das andere rechts geschnitten ist, an das untere Ende des Fernrohres angeschraubt. Innerhalb der Camera wird an der Fassung der oben erwähnten kleineren Linse der Moment-Verschluss angebracht. Dieser besteht aus einem länglichen Bretchen *a* (Fig. 22), auf welchem sich mit möglichst wenig Reibung ein Schlitten *b* bewegt, der eine spaltförmige Oeffnung *s* besitzt, deren Weite verändert werden kann. Dieser Schlitten ist ebenfalls aus Holz gefertigt, jedoch auf der inneren Seite mit Blech belegt.

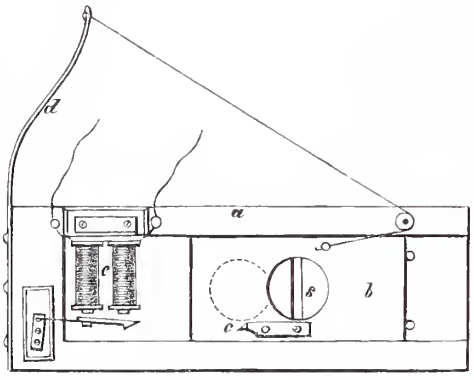


Fig. 22. Elektrischer Momentanverschluss.

Er trägt einen kleinen dreiseitig prismatischen Ansatz *c* von Messing, der sich, wenn man die Feder *d* spannt, in den Anker des Elektro-Magneten *e* einhaken lässt.

In dieser Stellung verschliesst der untere Theil des Schlittens *b* die vordere Linse des Vergrösserungs-Apparates lichtdicht. Der Elektromagnet steht durch eine Drahtleitung mit einem galvanischen Elemente in Verbindung; bei Schliessung des Stromes wird der Anker angezogen und der Schlitten der Zugkraft der Feder ausgesetzt. Hierdurch wird bewirkt, dass der erwähnte Spalt vor einer in dem viereckigen Bretchen *a* befindlichen, der Grösse der vorderen Linse entsprechenden runden Oeffnung vorbeigezogen, und auf diese Weise die empfindliche Platte den Strahlen der Sonne während der kurzen Zeit des Vorüberganges des Spaltes ausgesetzt wird. In der Stellung, in welcher der obere Theil des Schlittens die Linse wieder bedeckt, wird die Bewegung durch 2 Messingstifte aufgehoben.

Die Auslösung der Momentanverschlusses auf elektrischem Wege

zu bewerkstelligen, hat den Vorzug, dass Erschütterungen des Fernrohrs ganz vermieden werden. Auch lassen sich die Leitungsdrähte leicht lichtdicht in die Camera einführen.

Nicht unwichtig erscheint es, noch besonders zu betonen, dass der Momentanverschluss im Innern des Fernrohrs angebracht wurde und um die Dauer der Exposition möglichst abzukürzen, dahin verlegt worden ist, wo der Querschnitt des Strahlenkegels ein Minimum ist. Eine Verschluss-Vorrichtung am Objektiv ist aus naheliegenden Gründen ganz zu verwerfen. Besondere Erwähnung verdient noch eine Einrichtung der Kassette für die lichtempfindliche Platte, durch welche es möglich ist, die Richtung der täglichen Bewegung auf den Photographien mit grosser Schärfe anzugeben, ohne dass es nöthig wird, einen Draht im Brennpunkte des Fernrohrs auszuspannen und durch dessen Bild die Photographien zu entstellen.

Die Einlage in der Kassette trägt zu diesem Zwecke an der bei der Exposition zu unterst befindlichen Seite zwei eingekittete Glasstäbchen, auf welche die photographische Platte mit einer gut plangeschliffenen Kante aufgesetzt wird. Vor der Exposition wird in diese Kassette eine matte Glasplatte eingelegt, deren untere Kante ebenfalls plangeschliffen ist und auf welcher parallel dieser Kante eine Linie gezogen wurde. Diese Platte wird in der Kassette von zwei Federn festgehalten, um bei schräger Stellung des Fernrohrs ihr Herausfallen zu vermeiden, sobald man die Kassettenthüre und den Schieber öffnet. Die Einstellung auf die Richtung der täglichen Bewegung erfolgt nun so, dass man die Camera dreht, bis das Bild eines kleinen Sonnenflecks auf der erwähnten Linie läuft. Ersetzt man später diese matte Scheibe durch die sensitive, so ist die ebenfalls plangeschliffene untere Kante der letzteren nun auch parallel der Richtung jener Hilfslinie, und kann, da die Zeit der Exposition bekannt ist, später mit Leichtigkeit die Lage des Sonnenäquators auf der photographischen Platte angegeben werden.

Um sowohl die Luft im Innern des Fernrohrs, als auch den Schieber des Momentanverschlusses während der photographischen Aufnahmen nicht unnöthig zu erhitzen, ist das Objektiv durch eine Klappe verschlossen, welche von unten mit Hilfe eines Fadens dirigirt werden kann und erst kurz vor der Exposition geöffnet wird.

Was nun die Dauer der Exposition anbelangt, so ist dieselbe natürlich wesentlich mit abhängig von der Objektivöffnung. Die Anfangs bei voller Oeffnung ($293{,}_5$ Millimeter) erzielten Resultate waren durchaus nicht befriedigend. Die Bilder zeigten sich unscharf und verschwommen, wofür der Grund wohl darin zu suchen sein

mag, dass das Objektiv für chemische Strahlen nicht achromatisirt ist. Dieser Uebelstand konnte vollständig beseitigt werden durch Abblendung des Objektivs bis zu 95 Millimeter, so dass also ungefähr nur der neunte Theil der Lichtstärke des Objektivs zur Erzeugung der Photographien angewandt wurde. Bei dieser Objektivöffnung schwankte die Expositionszeit, welche durch Erweiterung oder Verengung des Spalts am Momentanverschluss verändert werden kann, je nach dem Stande der Sonne zwischen 0.005 und 0.008 Sekunden.

Ich rekapitulire in Folgendem die zur Aufnahme einer Sonnenphotographie nothwendigen Manipulationen, indem ich dabei genau die Reihenfolge, in welcher dieselben ausgeführt wurden, innehalte.

Die Sonne wird mit Hilfe des Suchers eingestellt, nachdem das Fernrohr mit der obenerwähnten Objektivklappe versehen und der kleine Elektromagnet mit dem Elemente in Verbindung gebracht worden ist. Ist dies geschehen, so erfolgt die Einstellung auf die Richtung der täglichen Bewegung in der beschriebenen Weise, das Uhrwerk wird in Gang gebracht und mit Hilfe der Feinstellungen das Fernrohr so bewegt, dass das erzeugte Sonnenbild genau in die Mitte der zu exponirenden Platte fällt. Nun wird die zur Fixirung des erwähnten Parallels eingesetzte matte Scheibe entfernt, die Kassette mit der lichtempfindlichen Platte an ihre Stelle gebracht, der Schieber der ersteren geöffnet, ebenso die Objektivklappe und in dem Moment der Schliessung des galvanischen Stromes die Zeit notirt. Die Exposition ist nun vollendet, Klappe und Schieber werden geschlossen und die Platte zur Entwicklung ins Laboratorium gegeben.

Es hat sich als zweckmässig herausgestellt, immer mehrere Platten schnell hinter einander zu exponiren, da selbst bei dem klarsten Himmel die Beschaffenheit der Atmosphäre nicht konstant ist. Es giebt Momente der vollkommensten Ruhe, und wenn die Exposition gerade dann erfolgt, wird dies natürlich sehr zu Gunsten der Photographie ausfallen. Mit Rücksicht hierauf ist auch zu empfehlen, dass derjenige Beobachter, der das Schliessen des galvanischen Stromes zu besorgen hat, durch den Sucher sieht und einen günstigen Moment für die Belichtung abwartet.

Ehe ich nun zum zweiten Theil der Präparation der photographischen Platten übergehe, nehme ich hier Gelegenheit, mit wenigen Worten der Konstruktion von Instrumenten zu gedenken, die nur zu heliographischen Zwecken dienen sollen.

Man hat sowohl katoptrische als dioptrische Fernrohre zur photographischen Aufnahme von Himmelskörpern verwendet. Die

ersteren verdienen den Vorzug bei lichtschwachen Objekten, da der ausführbaren Grösse der Hohlspiegel weniger enge Grenzen gesetzt sind, als der der Linsen. Da aber im vorliegenden Falle Licht in mehr als ausreichender Menge vorhanden ist, und man deshalb den Linsen bei grosser Brennweite nur einen kleinen Durchmesser zu geben braucht, da ferner die Handhabung dioptrischer Fernrohre insofern bequemer ist, als man die photographische Camera am untern Ende des Rohres anbringen kann, so scheint es mir zweckmässig, sich für diese zu entscheiden. Der vollständige Achromatismus für chemische Strahlen könnte leicht durch Anwendung eines Doppelobjektivs erreicht werden. Was die übrige Einrichtung eines Photoheliographen anbelangt, würde es geboten erscheinen, möglichste Leichtigkeit mit grösster Stabilität zu verbinden. Vielleicht liesse sich dies dadurch erreichen, dass man den Fernrohrkörper aus Latten konstruirte und gegen das Objektiv hin verjüngte. Es würde ferner zweckmässig sein, die photographische Camera mit dem Fernrohr vollständig zu verschmelzen, um jeder Lagenveränderung der ersteren vorzubeugen. Die Einstellung auf die Richtung der täglichen Bewegung könnte mit Hilfe einer Vorrichtung an der Kassette leicht bewerkstelligt werden.

Das photographische Verfahren, dessen wir uns bei allen bisherigen Versuchen mit sehr gutem Erfolge bedient haben, ist das von R. M. Gordon modifizirte Trockenverfahren von Fothergill. Die Vortheile, welche die Anwendung trockener photographischer Platten überhaupt bietet, sind so bedeutend, dass wir von vornherein in diesem Falle auf das nasse Verfahren vollständig verzichteten. Erstlich ist die Oberfläche der Trockenplatten glätter als die der nassen Platten, ferner wird der in einem Beobachtungsraum nie ganz zu vermeidende Staub keine Kometenschweife und Flecken hervorbringen können, da die Platten nach der Belichtung gewaschen werden. Ein anderer wesentlicher Vorzug besteht darin, dass während der Exposition der Platte keine Alkohol- und Aetherdämpfe entsteigen, wie das bei nassen Platten der Fall ist, und welcher Umstand die Schärfe der Bilder wesentlich beeinträchtigen dürfte.

Zu diesen Vortheilen gesellen sich noch die Annehmlichkeiten, welche trockene Platten im Allgemeinen vor nassen Platten voraus haben, nämlich die Aufbewahrungsfähigkeit und die Möglichkeit, das Entwickeln zu einer passenden Zeit vorzunehmen, ohne dadurch die Güte des Bildes zu beeinträchtigen." (Vgl. Vogel, Sternwarte zu Bothkamp.)

Da bei den Momentanverschlüssen das Zerschneiden eines Gummifadens oder das Abbrennen eines anderen Fadens und das spätere Anknüpfen desselben, namentlich bei zahlreich auf einander folgenden Aufnahmen, unbequem und zeitraubend erscheint, hat Dr. L. Weinek im Jahre 1873 zu Schwerin bei seinen astronomisch-photographischen

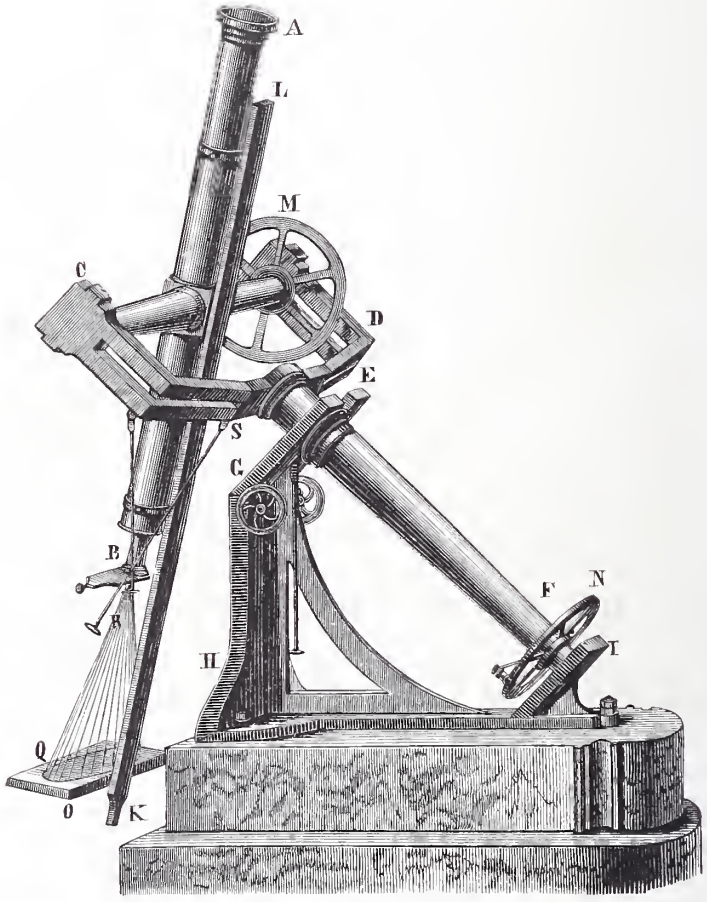


Fig. 23. Secchi's photographisches Fernrohr.

Vorversuchen zur Beobachtung des Venusdurchganges von 1874 den Faden durch eine längs des Schlittens wirkende Spiralfeder ersetzt und auch die Einrichtung getroffen, dass der Beobachter fortwährend von Aussen die Weite des Spaltes messbar verstellen könne, was bei wechselndem Wetter von grösster Wichtigkeit erscheint. Dieser Verschluss ist beschrieben in: Weinek „Die Photographie in der

messenden Astronomie, insbesondere bei Venusvorübergängen, 1879, pag. 45."

Auf der Sternwarte des Collegium romanum zu Rom wird der photographische Apparat auf ganz einfache Weise mit einem grossen Projektionsinstrumente in Verbindung gebracht. Das dioptrische Fernrohr *A B* (Fig. 23) trägt ein an einer Stange *K L* befestigtes Bretchen *O Q*, auf welchem sich das Sonnenbild, nachdem das Okular genügend ausgezogen worden, in deutlicher Schärfe als objektives Bild zeigt. *E F* ist die Polarachse, *N* der Stundenkreis und *M* der

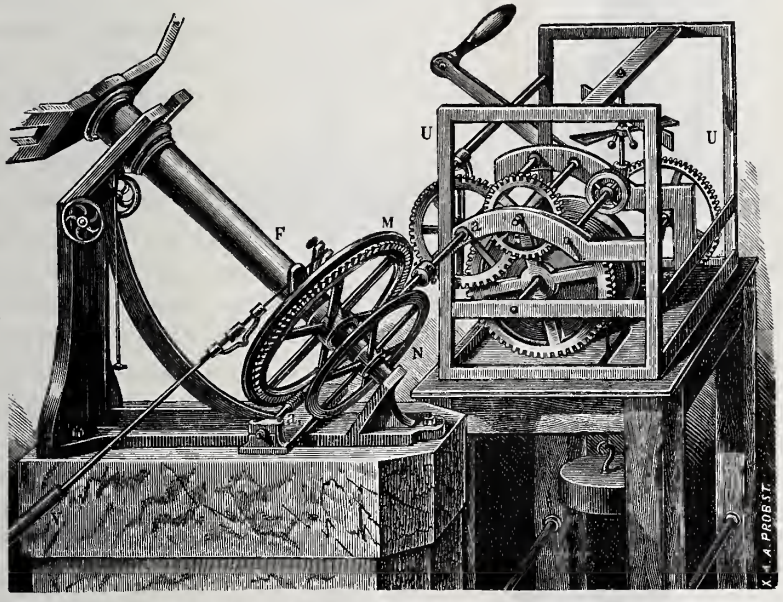


Fig. 24. Uhrwerk zu Secchi's Phototeleskop.

Deklinationskreis; *R* und *S* sind starke eiserne Richtungsstangen für das Fernrohr.

Mit dem Instrumente ist bei *I* ein Uhrwerk verbunden, wie solches an dem Photoheliographen des Observatoriums zu Wilna (siehe Fig. 17 *D*) angebracht ist. Dasselbe ist in Fig. 24 (*U*) genau abgebildet; es bewirkt, dass das Fernrohr der scheinbaren Bewegung der Sonne oder eines Sternes genau folgt. Das Stundenrad steht durch die Triebstange *a a*, welche eine Schraube ohne Ende trägt, mit dem Aequatoreal in Verbindung und treibt das Rad *M* in 24 Stunden einmal um seine Achse, mithin auch die Stange *F* und das Fernrohr *A B*. Ausserdem bemerken wir eine Lenkungsstange *V*, welche

dazu dient, die Verbindung von Uhrwerk und Teleskop mit Leichtigkeit aufheben zu können.

Soll nun eine photographische Aufnahme gemacht werden, so muss an Stelle des Bretchens *Q O* Fig. 23 eine empfindliche Platte substituirt werden. Letzteres geschieht durch Vermittelung eines vierseitigen pyramidenförmigen Kastens, der mit der Spitze an das Okularrohr des Tubus bei *B* (Fig. 23) angeschraubt wird.

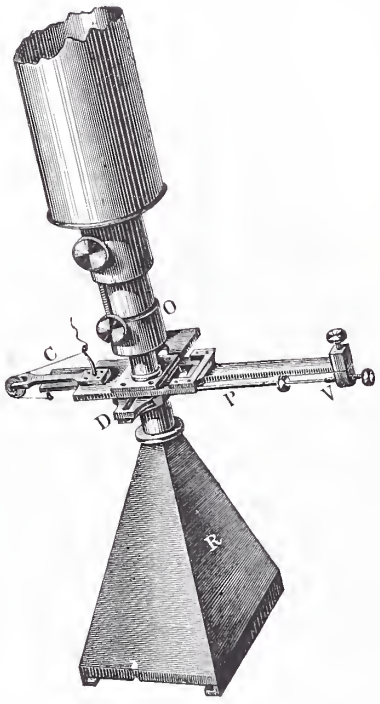


Fig. 25. Photographischer Ansatz zu Secchi's Phototeleskop.

Zwischen dem Okularrohre *O* Fig. 25 und der pyramidalen Camera *R* findet sich der nothwendige Momentan-Verschluss *C P V*. Derselbe ist auf analoge Weise wie derjenige des Wilnaer Observatoriums (Fig. 19) konstruirt und vor dem Okulare *O* Fig. 25 angebracht. Der Verschluss besteht aus zwei Bretchen, von denen das eine seitlich, das andere nach unten zu verschieben ist (Fig. 27); das seitlich verschiebbare Bretchen *D* trägt ein Fadenkreuz zur genauen Lokalisirung und Einstellung des Bildes in die Mittellinie des Tubus, das Bretchen *P* wird durch die Stahlspiralfeder *V* (Fig. 26 und 27) nach unten gezogen, und durch den angespannten Faden *C* im Gleichgewichte gehalten. Das Bretchen *P* ist mit einem Spalte *F* versehen (Fig. 27), welcher so weit in die Höhe gezogen ist, dass er gerade über dem Lichtkegel des Okularglases steht, um im Momente der Aufnahme so rasch als möglich vorüberzugleiten, und die Lichtwirkung auf die präparirte Platte in möglichst kurzer Zeit zu vollenden.

Die Aufnahmen geschehen bei allen angeführten Methoden theils auf feuchtem, theils auf trockenem Wege. Die Misshelligkeiten, welche ein Dunkelzelt auf Reisen mit sich bringt, machen sich, wie wir in einem der nächsten Paragraphen erfahren werden, auf Expe-

ditionen sehr fühlbar. Soll das gewonnene Bild zu genauen Messungen von Sternphotographien verwendet werden, so ist die Methode, vor dem Kollodioniren die Platte mit Albumin zu überziehen, speziell zu empfehlen, weil die vorher albuminirten Platten dem Kollodiumhäutchen eine ganz unübertreffliche Festigkeit verleihen, und die Einschrumpfung des Häutchens nach dem Trocknen im Mittelwerthe nur den 28236ten Theil eines Zolles beträgt (siehe den nächsten Paragraphen). Wir besitzen jetzt ein zuverlässiges, sehr rasches, und leicht zu handhabendes Trockenverfahren in den mehrerwähnten Gelatinetrockenplatten, wodurch die zur Darstellung astronomischer Photographien von Lohse empfohlene Methode als die geeignetste erscheint.

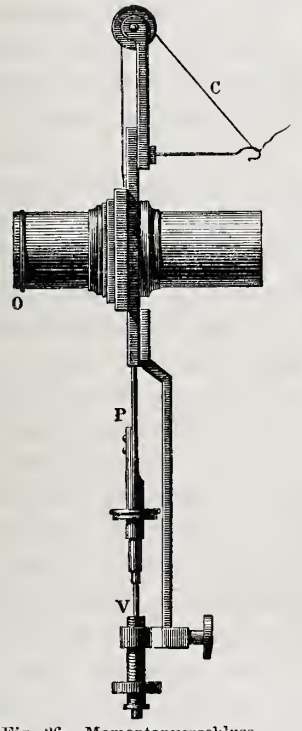


Fig. 26. Momentanverschluss zu Secchi's Phototeleskop.

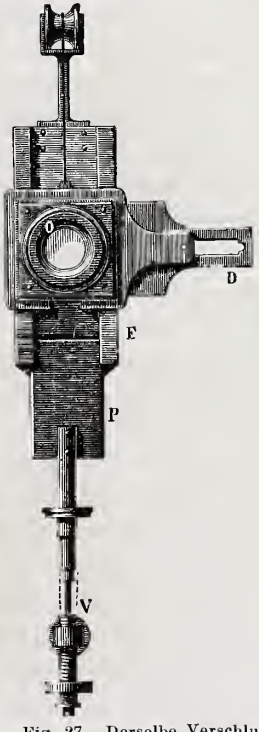


Fig. 27. Derselbe Verschluss von oben gesehen.

Professor Weinek spricht sich in seiner erwähnten Abhandlung über die Erzielung des zur Photographie geeignetsten fokalen Bildes und die zu berücksichtigenden Fehlerquellen folgendermassen aus:

„Die lineare Grösse des fokalen Bildes ist nur von der Winkelgrösse des Gegenstandes und dem Abstande des Brennpunktes vom Objektive abhängig. Je grösser letzterer, je länger also das Fernrohr ist, desto mehr breitet sich jenes Bild aus. Man findet durch einfache Rechnung, dass selbst bei einem Fernrohr von 10 Meter Brennweite das fokale Bild der Sonne nur 9,3 Centimeter. der Venus bei ihren Vorübergängen vor der Sonnenscheibe 3,0 Millimeter, des

Jupiters in der Opposition, wo derselbe um Mitternacht am höchsten steht, 2,4 Millimeter und des Merkur bei dessen Vorübergängen vor der Sonne nur 0,4 Millimeter ist.

Der Astronom besieht dieses fokale Bild mit einer stark vergrössernden Lupe und ist derart in der Lage, alle Details desselben zu erkennen, zu beobachten. Dagegen kann der Photograph nur bei Aufnahmen der intensiv leuchtenden Sonne ebenfalls hinter dem Brennpunkte ein Vergrösserungssystem anwenden, um nicht zu viel vom Lichte des Gestirnes einzubüssen. Um zu erkennen, wie ungemein die Intensität des Sonnenlichtes jene der anderen Himmelskörper übertrifft, mögen hier die relativen Helligkeiten mehrerer Gestirne angeführt werden. Nach photometrischen Messungen ist die Helligkeit der Sonne 619000mal grösser als jene des Vollmondes. Letztere hingegen ist etwa 100mal grösser als die Gesammthelligkeit des Sternenhimmels in klarer Herbstnacht, 3000mal als Venus zur Zeit ihres grössten Glanzes, 9000mal als Jupiter in der Opposition, 11000mal als Mars in der Opposition und 90000mal als der Stern erster Grösse: α Aurigae oder Kapella. Aus der letzten Zahl folgt, dass die Helligkeit der Sonne 55800 Millionenmal grösser als jene eines Sternes 1. Grösse von mittlerer Helligkeit ist oder aber, dass unsere Sonne, 236220mal weiter in den Raum hinaus, also in 4,73 Billionen Meilen Entfernung von der Erde versetzt, erst wie Kapella leuchten würde. Beachtet man endlich noch die Abstufung der Helligkeit der Sterne unter einander, indem jede folgende, niedrigere Grössenklasse durchschnittlich 2,5mal schwächer als die vorangehende leuchtet, so ergibt sich, dass Sterne 6. Grösse, welche eben noch dem freien Auge sichtbar sind, schon 98mal, Sterne 10. Grösse 3815mal schwächer als Sterne 1. Grösse sind, und man erkennt, welch' ungeheure Lichtverschiedenheiten die astronomische Photographie zu bewältigen hat, sobald sie alles Sichtbare in ihren Bereich zieht. Günstiger Weise gelingt ihr dies durch Verlängerung der Dauer der Expositionszeit.

Im Allgemeinen nimmt der astronomische Photograph das Bild des Gestirnes direkt im Brennpunkte auf und misst dasselbe später bei Mikroskopvergrösserung aus oder aber, er vergrössert es photographisch in Anwendung eines geeigneten Projektionsapparates und sehr intensiver Lichtquelle so weit, als dies die Schärfe des fokalen Bildes zulässt.

Wird das fokale Bild vergrössert auf die empfindliche Platte projizirt, so tritt eine Fehlerquelle, die Verzeichnung des Bildes durch den aus stark gekrümmten Linsen zusammengesetzten Vergrösserungs-

apparat auf, welche aber leicht unschädlich gemacht werden kann, wenn man im Brennpunkte des Objektives ein planparalleles Glas mit fein getheiltem Strichnetz anbringt und dieses mit dem Gestirne zugleich photographirt. Derart erhält man auf der empfindlichen Platte ein vergrössertes Gitternetz, welches, verglichen mit dem Originalgitter, alle Verzeichnungen des vergrösserten Bildes erkennen und beseitigen lehrt. Im Allgemeinen wird auch das Objektiv eine Bildverzeichnung herbeiführen; doch kann diese bei der grossen Vollkommenheit der heutigen Dioptrik und Technik zur Herstellung homogener Glassorten, des Linsenschleifens und Zentrirens als verschwindend betrachtet werden. Unbedingt nöthig erscheint ferner für ein korrektes Arbeiten des Aufnahmefernrohrs, dass dieses in allen Linsensystemen genau zentrirt sei und die photographische Platte senkrecht zur gemeinschaftlichen optischen Axe derselben stehe.

Schliesslich muss noch einer Fehlerquelle bei photographischen Aufnahmen gedacht werden, welche aus der sog. Beugung des Lichtes im Fernrohr entspringt. Jedem Photographen sind folgende Thatsachen bekannt. Wenn er eine Stadt mit Fabrikschloten und Blitzableitern photographirt und bei hellem Wolkenhintergrunde wie gewöhnlich exponirt, so verschwinden diese im Bilde oder werden sehr dünn und schmal. Aehnlich ist es, wenn er dunkle Interieurs mit hellen Fenstern abzubilden hat, wobei das Licht der letzteren sich über die Fensterkontouren ausbreitet und dieselben desto unbestimmter und verwaschener darstellt, je länger die Expositionszeit dauerte. Analoges muss somit auch bei astronomischen Aufnahmen z. B. bei denjenigen eines Venusdurchganges erwartet werden; die schwarze Venusscheibe auf dem hellen Sonnengrunde muss verkleinert erscheinen, dagegen der helle Sonnenrand über die nächste Umgebung des dunklen Himmelsgrundes hinausgreifen. Das Licht wird also an dunklen Rändern gleichsam innerhalb derselben hineingebogen, und man nennt die Fälschung der Dimension des Bildes infolge dieses Umstandes den Fehler wegen der Lichtbeugung oder Diffraktion im Instrumente. Je grösser die Oeffnung des Objektives ist, desto geringer tritt sie auf. Aus theoretischen Untersuchungen über Schwingung und Fortpflanzung des Lichtes folgt nun, dass wegen Beugung die Intensität des Lichtes am Rande des Sonnenbildes nur $^1/_2$ mal so gross wie in der Mitte desselben sein kann und ausserhalb des geometrischen Randes rapid bis zum Werthe Null sinkt, so dass das weniger empfindliche Auge trotzdem einen scharfen Rand wahrnimmt. Anders die Photographie, welche bei jeder Aufnahme je nach Durchsichtig-

keit der Luft, nach dem chemischen Zustande der Platte und nach Dauer der Exposition verschieden viel vom abgetonten Rande der Sonne hervorholt und auf jedem Bilde einen verschiedenen Sonnendurchmesser gibt; zugleich erscheint das richtig exponirte Bild gegen den Rand hin im Lichte abgestuft, was ihm den Charakter der Körperlichkeit verleiht, welcher aber durch die Phaenomene der Beugung im Fernrohr vollkommen erklärt erscheint. Bei photographischen Aufnahmen von Sternen erscheinen letztere zwar auch verbreitert; doch hat dies, da solches symmetrisch zur Mitte der Sterne geschieht, keinen Einfluss auf die Exaktheit photographisch herzustellender Sternkarten."

2. DIE RESULTATE DER ASTRONOMISCHEN PHOTOGRAPHIE.

1. DIE ASTROPHOTOGRAPHEN.

Die ersten photographischen Aufnahmen von Himmelskörpern waren im Jahre 1850 von William Cranch Bond, Professor zu Cambridge, in Amerika in Gemeinschaft mit Whipple und Black aus Boston versucht worden. Dieselben fertigten Daguerreotype unseres Satelliten an, indem sie das Bild desselben auf einer präparirten Metallplatte mittels des grossen Refraktors der Harwarder Sternwarte scharf darstellten.

Einen bedeutenderen Aufschwung aber nahm die astronomische Photographie erst im Jahre 1852, als der bekannte Astronom Warren de la Rue in England, welchen wir als den eigentlichen Schöpfer der astronomischen Photographie zu betrachten haben; das damals neue Kollodiumverfahren zum ersten Male zu wissenschaftlichen Versuchen anwendete. De la Rue beschäftigte sich insbesondere mit Mondaufnahmen, von welchen er ganz ausgezeichnete positive Abdrücke anfertigen liess, die in Tausenden von Exemplaren Verbreitung fanden. Die Expositionszeit dauerte zwischen 10 und 30 Sekunden, indem das Bild mittels eines äquatoreal aufgestellten Reflexionsteleskopes von 13 Zoll Oeffnung und 10 Fuss Brennweite aufgenommen wurde. Später beschäftigten sich in England Phillips und Bates im Jahre 1853, Hartnup, J. A. Forrest und Crookes im Jahre 1854, Fry und Howells im Jahre 1855 und der berühmte Spektralanalytiker Astronom Huggins im Jahre 1856 mit der photographischen Darstellung der Himmelskörper. In Italien war es der berühmte Pater Secchi zu Rom, welcher mit dem auf Seite 20 abgebildeten Phototeleskope arbeitete. Erst im Jahre 1857 wendete Bond

in Amerika mit sehr glücklichem Erfolge die Photographie zu astronomischen Messungen an; er bestimmte auf diesem Wege die Entfernung und den Winkel in der Stellung von Doppelsternen, und es gelang ihm, Bilder von Fixsternen bis zur 5ten und 6ten Grösse auf der empfindlichen Platte zur Darstellung zu bringen. Er konstatirte auch, dass die Expositionszeit der Sterne nicht im umgekehrten Verhältniss zur optischen Helligkeit derselben stehe und führte den Begriff der „chemischen Grösse" der Sterne ein. Die bedeutendsten Erfolge in der astronomischen Photographie sind jedoch dem Amerikaner L. Rutherfurd in New-York zu danken, welcher alle Genannten an Leistung überflügelt hat. Derselbe hat sich nämlich ausser durch die Darstellung ausgezeichneter Bilder unseres Satelliten besonders mit der genauen photographischen Wiedergabe des Sonnenspektrums und der Fraunhofer'schen Linien, worüber wir in dem betreffenden Kapitel (vergl. Bd. 1, S. 84) des Genaueren berichtet haben, unübertreffliche Verdienste erworben.

Das Observatorium des genannten Forschers liegt zwischen der 6ten Avenue und 11ten Strasse zu New-York; er hat dasselbe auf eigene Kosten gegründet, und besteht der Lohn seines Strebens einzig und allein in dem Bewusstsein, für die Wissenschaft ein grosses Werk vollbracht und sich dadurch den Dank und die Anerkennung der ihn verehrenden Fachgenossen gesichert zu haben. Das Observatorium besteht aus einem runden, aus Backsteinen aufgeführten Gebäude von $6^1/_4$ Meter innerem Durchmesser mit leicht drehbarem auf 12 Rädern beweglichem Dache, welches eine 65 Centimeter breite, durch Läden verschliessbare Oeffnung hat. Das in demselben aufgestellte Aequatoreal, dessen achromatisches Objektiv $11^1/_4$ Zoll im Durchmesser und 14 Fuss Brennweite hat, ist mit einem Uhrwerk versehen, in der Art, wie wir solche oben geschildert haben. Indem Rutherfurd zwischen dem Objektiv und der photographischen Platte verschiedene Linsenkombinationen einschaltete, ist es ihm gelungen, mittels dieser Vorrichtungen eine 19 Zoll lange Brennweite, sowie eine sehr geringe Entfernung des optischen von dem chemischen Fokus zu erzielen und dadurch seine vorzüglichen Photographien darzustellen. Er erhielt Bilder von Sternen 9ter Grösse in 3 Minuten, vom Sterne Castor sogar in einer Sekunde.

Von besonders grossem Werthe für die Wissenschaft sind die von Rutherfurd in neuester Zeit dargestellten Sonnenaufnahmen, die sich durch exakte Markirung der Sonnenflecken auszeichnen.

Die scharfe Einstellung bei dem Rutherfurd'schen Teleskope

wird nicht auf der matten Scheibe ausgeführt, da der chemische und optische Fokus nicht genau zusammenfallen, sondern durch eine Probe bestimmt, indem Rutherfurd einen Doppelstern aufnimmt. Er stellt zuerst unscharf ein und macht wiederholt Aufnahmen, indem er die Visirscheibe mehr oder weniger verschiebt, bis er endlich den Punkt gefunden hat, wo das Bild am schärfsten wird. Dieser Punkt wird dann als Hauptfokus ein für allemal festgehalten und bei Temperaturveränderungen die Ausdehnung des eisernen Rohres jenes Teleskopes nach einem darin befestigten Thermometer durch eine Mikrometerschraube korrigirt.

Rutherfurd hat in dieser Weise drei grosse Teleskope mit sorglich korrigirten Linsen bauen lassen. Das erste hat nur ein Doppelobjektiv aus Crown- und Flintglas, das zweite, welches in Rutherfurd's eigener Verwendung steht, haben wir soeben geschildert, das dritte besitzt $6^1/_2$ Zoll Oeffnung und wurde bei der amerikanischen Sonnenfinsterniss-Expedition zu Catania benutzt. Die Vollkommenheit der Rutherfurd'schen Bilder ist in erster Linie der sorgfältigen Korrektion der Instrumente zu danken und werden wir auf die Resultate dieses Forschers noch mehrfach zurückzukommen Gelegenheit haben.

2. PHOTOGRAPHISCHE DARSTELLUNGEN DER SONNE.

a. GESTALT DER SONNE.

Die Anwendung der astronomischen Photographie findet ihre wissenschaftliche Verwerthung einerseits in der Darstellung direkter naturgetreuer Abbildungen der Himmelskörper, wie sie sich im Augenblicke der Aufnahme zeigen, andererseits in dem Vergleiche verschiedener Abbildungen, welche von demselben Himmelskörper innerhalb eines gewissen Zeitraumes aufgenommen wurden. Wenn der bekannte Astronom Julius Schmidt zu Athen behauptete, dass ein von Mädler entdeckter, vor mehreren Jahrzehnten auf dem Mond befindlich gewesener Krater jetzt verschwunden sei, so könnte, wenn damals schon photographische Mondbilder angefertigt worden wären, durch einen mit den jetzigen Mondbildern vorgenommenen Vergleich diese Streitfrage mit Leichtigkeit gelöst werden, denn aus der Differenz der Bilder, d. h. aus den Veränderungen, welche in der zwischenliegenden Zeit mit den Himmelskörpern vorgegangen sind, lassen sich zum Theil Bewegungen der auf den Himmelskörpern befindlichen Materien, zum Theil rotirende Bewegungen der Himmelskörper selbst

erkennen. Ein weiterer Vortheil, welchen die Resultate der astronomischen Photographie bieten, beruht auf möglichst genauen mathematischen Messungen der Entfernung einzelner Himmelskörper von einander; diese Messungen können auf den gewonnenen Photographien vorgenommen, und mit Ergebnissen, welche durch andere Methoden erreicht wurden, prüfend verglichen werden.

Ein anderer sehr bemerkenswerther Erfolg der Photographie ist der Nachweis der grossen Differenz, welche in Bezug auf den Unterschied der aktinischen Kraft und der Leuchtkraft verschiedener Himmelskörper sich zeigt. So z. B. gewährte die Bedeckung des Jupiter durch den Mond am 8. November 1856 eine ausgezeichnete Gelegenheit, die relative Helligkeit des Mondes mit der jenes Planeten zu vergleichen. Damals erschien Jupiter von blassgrünlicher Färbung, nicht heller als der Krater Plato auf dem Mond, hatte dabei nach der Schätzung von Warren de la Rue nur $^1/_3$ der gewöhnlichen Helligkeit des Mondes, während eine darauf erfolgte photographische Aufnahme ergab, dass die chemisch wirksame Kraft des Jupiterlichtes zu der des Mondlichtes wie 4 zu 5 sich verhielt. Eine photographische Aufnahme des Saturn erforderte 12 mal längere Zeit, als die bildliche Wiedergabe des Jupiter.

Bedeutendere Resultate wurden bei Gelegenheit verschiedener Sonnenfinsternisse auf photographischem Wege gewonnen, und werden wir auf die einzelnen bezüglichen Ergebnisse des Genaueren zurückkommen. Die Sonne selbst wurde in neuerer Zeit mit Erfolg von Warren de la Rue, Rutherfurd und besonders von Janssen in Meudon bei Paris photographirt, dessen photographische Methoden man fast auf allen grösseren Sternwarten in den jüngsten Jahren eingeführt hat, wobei die zeitweilige Veränderung der Sonnenflecke spezielle Berücksichtigung fand.

Die Sonne besteht nach W. Herschels Anschauung aus zwei wesentlich verschiedenen Theilen, einem Kern und einer leuchtenden, glühenden Hülle, die den Kern umgiebt. Die leuchtende Hülle, die sogenannte Photosphäre, bildet keine gleichmässig abgerundete Umhüllung, sondern es treten zuweilen die Massen aus einander und es zeigen sich jene deutlichen dunkeln Flecken (Fig. 28), von welchen man früher annahm, dass sie auf ein Durchscheinen des dunkeln Sonnenkerns durch die Risse in der Photosphäre deuten. Die neueren, besonders die spektralanalytischen Untersuchungen des Sonnenkörpers haben aber dargethan, dass diese dunkeln Stellen keineswegs lichtlos sind, sondern nur im Gegensatze zu ihrer weit helleren Umgebung

so dunkel erscheinen. Die Spektralanalyse hat erwiesen, dass die in der Photosphäre entstehenden Risse durch sich verdichtende, glühende Gasmassen, die wirbelartig in der Gluthülle der Sonne auf- und abwogen, ausgefüllt werden und eben diese dichteren, glühenden, vertieften Massen stellen die Sonnenflecken dar. Unsere Fig. 29 zeigt uns ein schematisches Bild der Sonne, in welchem die ungefähre Vertheilung der Sonnenflecken von einem sehr fleckenreichen Tage verzeichnet ist.

Fig. 28. Sonnenflecken mit 3 Lichtbrücken (nach Nasmyth).

Ausser diesen, von Zeit zu Zeit mit sich kondensirenden Dämpfen ausgefüllten Rissen in der Photosphäre der Sonne schieben sich zeitweilig leuchtende Massen über einander, welche in der Nähe der Flecken und am Sonnenrande deutlich bemerkbar sind und als „Sonnenfackeln" beschrieben werden.

Der mathematische Beweis, dass die Flecken der Sonne auf Vertiefungen im Lichtgewölke beruhen, wurde in eklatanter Weise durch die Photographie erbracht. Schon im Jahre 1769 hat Wilson einen rundlichen Flecken auf der Sonnenscheibe beobachtet, welchen

er mehrere Tage verfolgte und an dem der um den Flecken herumliegende hellere Hof, die sogenannte Penumbra, allmählich die rundliche Form verlor und eine ovale Gestalt annahm. Während die eine Seite des Fleckens verschwand, blieb die andere sichtbar, wobei derselbe, indem er sich vom Mittelpunkt der Sonne aus entfernte,

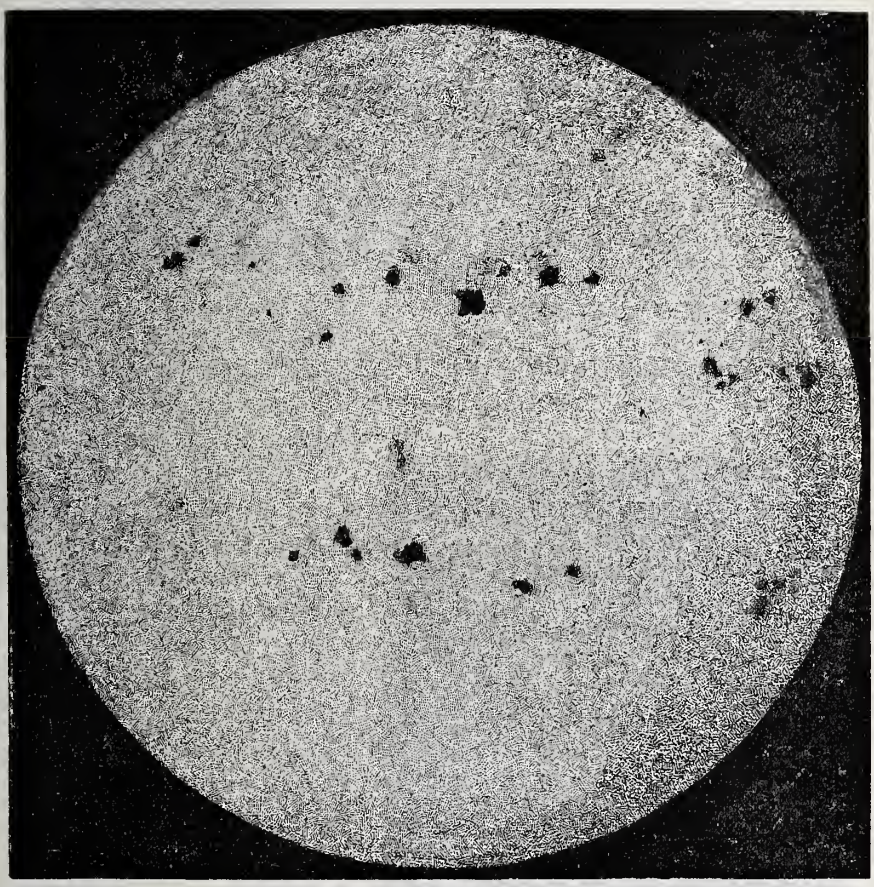


Fig. 29. Schema der Sonnenoberfläche.

immer schmaler und länglicher wurde (Fig. 30). Da sich nun die Sonne in einer gewissen Zeit um ihre eigene Achse dreht, so wartete Wilson die Wiederkehr des entschwundenen Fleckens ab und wirklich kehrte nach $13^1/_2$ Tagen der Flecken am östlichen Sonnenrande zurück und durchlief umgekehrt ähnliche Entwicklungsphasen vom

Rande bis zum Mittelpunkte der Sonnenscheibe, bis in der Mitte angekommen, die Penumbra wieder vollständig symmetrisch zu den

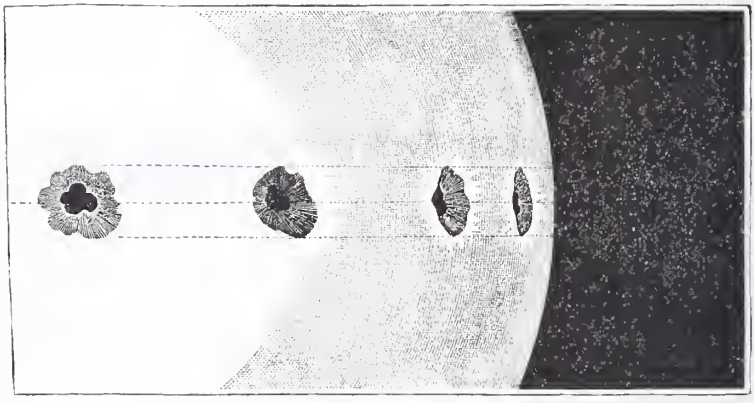


Fig. 30. Scheinbare Veränderung in der Form eines Sonnenfleckens.

Konturen des Kernes wurde. Es fiel hier nur der Unterschied auf, dass der Hof, statt an der vorangehenden an der nachfolgenden Seite früher zu sehen war.

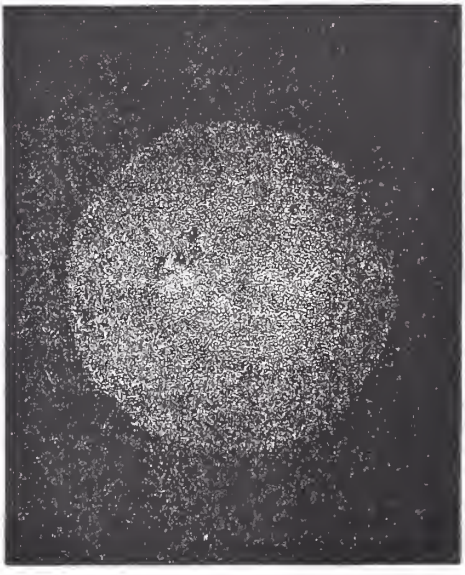


Fig. 31. Photographisches Sonnenbild (nach Selvyn).

Warren de la Rue hat aus seinen photographischen Aufnahmen herausgefunden, dass es sich mit den meisten Flecken analog verhalte. Durch eine sehr einfache Methode wies er nach, dass die Flecken wirkliche Höhlungen in der Sonnenoberfläche seien; er nahm zwei photographische Sonnenbilder, die an zwei, um etwa 15 Grad von einander entfernten Orten aufgenommen waren und legte sie in ein Stereoskop; die Flecken erschienen dann als vollständige Höhlungen, in deren Tiefe man hinabblickt und deren Ränder sich wie Böschungen erheben, wobei es klar wird, dass die

Penumbra durch die seitlichen Abhänge eben dieser Höhlungen sich bildet. (Vergleiche Secchi, die Sonne Seite 71). Unsere Fig. 31 zeigt eine getreue aus dem genannten Werke entnommene Kopie eines photographischen Sonnenbildes mit verschiedenen Fleckengruppen, welches im Oktober 1860 von Selvyn aufgenommen wurde.

Auf unserer Tafel I Figur 1 ist eine vortreffliche uns von dem erwähnten Astronomen Rutherfurd in entgegenkommendster Weise zur Verfügung gestellte photographische Originalaufnahme der Sonne abgebildet. Rutherfurd braucht unter Anwendung des im vorigen Paragraphen geschilderten Momentanverschlusses zu seinen Sonnen-Aufnahmen etwa $^1/_{500}$ Sekunde Expositionszeit.

Oft verändert sich die Oberfläche der Sonne an verschiedenen Stellen ganz plötzlich; die Gestalt der Flecken und Fackeln geht dann nicht allmählich in eine andere Form über, sondern verändert sich unerwartet und die dunkeln Stellen bieten mit einem Male ein ganz anderes Bild, welches den Eindruck macht, als ob überwältigende Kräfte eine sturmartige Bewegung auf der Sonnenoberfläche hervorriefen. Gerade so wie in unserer irdischen Atmosphäre die Wasserwolken sich aufthürmen, aus einander treten und sich wieder zusammen scharen, so bewegen sich infolge mächtiger Wirkungen die Feuerwolken der Sonnenphotosphäre. Man bezeichnet diese Bewegungen als Sonnenstürme, Erscheinungen, die für das bewaffnete Auge des Astronomen an Grossartigkeit alle verwandten Naturerscheinungen übertreffen. — Die Protuberanzen, jene besonders bei Sonnenfinsternissen sichtbaren, am Rande der Sonne berggipfelartig vorstehenden feurigen carmoisinrothen Lichtmassen, werden infolge derartiger Sonnenstürme rasch verändert. Wir werden die Bedeutung dieser Vorgänge für die Astro-Photographie in dem folgenden Paragraphen näher kennen lernen.

b. SONNENFINSTERNISSE.

Von den ältesten Zeiten bis auf die Gegenwart wurde den Sonnenfinsternissen, besonders den totalen Verfinsterungen eine hohe Wichtigkeit beigelegt. Während in früheren Jahrhunderten das grossartige Naturereigniss eine beängstigende Aufmerksamkeit auf sich zog und Furcht und Aberglaube ihre unheilvollen Schlüsse für die Menschheit aus solchen Phänomenen folgerten, hat die neue Zeit jene merkwürdigen Erscheinungen zur Ausbeute für die wissentliche Forschung benutzt. Mannigfache Kenntnisse von der physischen Beschaffenheit der Sonne und der Natur des Lichtes wurden besonders durch das

gemeinsame Zusammenwirken der Astronomen verschiedener Länder gewonnen.

Wenn man bedenkt, dass die Dauer einer Sonnenfinsterniss an keinem Punkte der Erde mehr als $4^1/_2$ Stunden und die der Totalität niemals über sieben bis acht Minuten beträgt, so sind die mannigfachen werthvollen Schlüsse, welche man aus jenen Erscheinungen gezogen hat, in der That der Beweis eines ganz erstaunlichen Fleisses und einer bewundernswerthen Hingebung der betreffenden Forscher.

Besonders durch die Anwendung der Photographie machte man in genannter Richtung bedeutende Fortschritte. In erster Linie wird

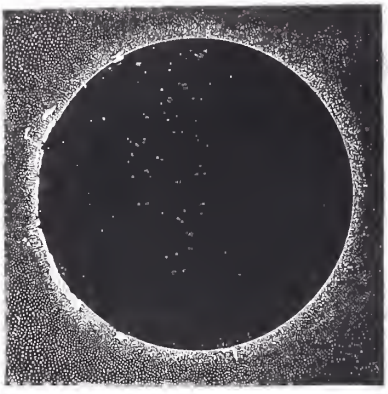


Fig. 32. Totalität der Sonnenfinsterniss von 1860 (nach Warren de la Rue's Photographie).

Fig. 33. Moment des Wiedereintritts des Sonnenlichtes bei der Sonnenfinsterniss von 1860 (nach Warren de la Rue's Photographie).

das allmähliche Vorbeiziehen der dunkeln Mondscheibe vor dem Sonnenballe durch auf einander folgende photographische Aufnahmen von Minute zu Minute fixirt und aus den gewonnenen Bildern die Zeit des Vorüberziehens bestimmt. Dann sind es die schon in unserem vorhergehenden Paragraphen erwähnten Protuberanzen, deren chemische Einwirkung auf die präparirte Platte überhaupt von Bedeutung ist und für deren Abbildung, besonders im Momente der Totalität, die Photographie sich höchst förderlich erwiesen hat; endlich handelt es sich bei derartigen photographischen Leistungen um die Darstellung der „Corona", jener theils strahlig silberglänzenden, theils mild rosenfarbigen Lichthülle, von welcher die schwarze Mondscheibe scheinbar umgeben wird.

Zum ersten Male wurde eine totale Sonnenfinsterniss im Jahre 1851 von Berkowski auf der Königsberger Sternwarte photographisch dargestellt. Später, am 18. Juli 1860, wurden derartige Versuche von Warren de la Rue zu Riva Bellosa in Spanien und mit besonderem Erfolge von Secchi in Desierto de las Palmas wiederholt. Die beiden Abbildungen Fig. 32 und Fig. 33 sind nach Photographien, welche damals während der Totalität von Warren de la Rue aufgenommen wurden, angefertigt, die erste unmittelbar nach dem Eintritt der Totalität, die zweite kurz vor dem Wiedereintritt des Sonnenlichtes. Secchi fing das Bild der Sonnenfinsterniss direkt im Brennpunkt des Objektivs seines Fernrohres auf. Gute Sonnenfinsterniss-Photographien erzielten ferner J. A. Whipple am 7. August 1869 zu Shelbywille in Kentucky, dann Wallat am 22. September 1870 zu Xeres in Spanien, sowie an demselben Tage A. Brothers aus Manchester, Mitglied der unter der Oberleitung des Professor Lockyer operirenden englischen Expedition in Syrakus.

Man sieht an solchen Bildern sowohl die unregelmässig und zackig hervorstehenden Protuberanzen, sowie nicht minder die Korona; letztere zieht sich nicht ganz gleichmässig um den dunkeln Mondrand, sondern hat in der Nähe der Pole zwei Einkerbungen, welche nach dem Sonnenäquator hin sich erhöhen, um an letzterem selbst ihr Maximum zu erreichen. (Vgl. Figg. 40 und 41.)

Die Protuberanzen sind ungleich lichtstärker als die Korona. Es ist einem jeden Photographen bekannt, dass wenn eine photographische Platte über eine bestimmte Zeitdauer dem Lichte exponirt wird, eine Ueberwirkung stattfindet und das Licht die Eindrücke, welche es auf der Platte veranlasst hat, wieder verwischt. Da nun die Protuberanzen viel heller sind, als die Korona, so muss, um ein richtiges Bild der Protuberanzen darzustellen, hier kürzer exponirt werden, als für die Korona. Mithin werden auf einem guten Bilde der Korona die Protuberanzen nicht deutlich erscheinen, weil sie überwirkt sind, während auf einem guten Bilde der Protuberanzen die Korona sich nicht scharf ausprägen wird, weil für letztere die Zeitdauer der Wirkung noch keine genügende war. Es müssen daher, um beide Zwecke zu erreichen, immer je zwei in der Zeitdauer verschiedene Aufnahmen gemacht werden.

Figur 34 zeigt uns die Abbildung jener von Secchi zu Desierta de las Palmas im Jahre 1860 aufgenommenen Sonnenfinsterniss-Photographie. Ausser der schwach entwickelten Korona sehen wir bei *A* eine Protuberanz mit höckerigem Gipfel, bei *I* eine grosse

Flammenwolke, in welcher sich nach Secchi's Mittheilungen gelbe und rothe Färbungen deutlich erkennen liessen. *K* ist eine Protuberanz mit 2 Gipfeln. Eine weitere kleine Protuberanz ist bei *R* sichtbar. *G* deutet auf eine bedeutende Ansammlung leuchtender Materien, deren Strahlen auf die Platte so stark chemisch einwirkten, dass ihre einzelnen Konturen wieder verschwanden.

Im Laufe der jüngst verflossenen Jahre fanden mehrere totale Sonnenfinsternisse statt, die erste am 18. August 1868 (Aden), die zweite am 7. August 1869 (Nordamerika), die dritte am 22. September 1870 (Sizilien), die vierte am 12. Dezember 1871 (Ostindien), sowie am 17. Mai 1882 (Sohag in Egypten) und am 6. Mai 1883 (Insel Carolina im stillen Ozean). Die Entdeckung der Spektralanalyse hatte den astronomischen und physikalischen Arbeiten ein neues Feld der Thätigkeit eröffnet und besonders zur Unterstützung astronomischer Forschungen bedeutenden Erfolg in Aussicht gestellt. Es wurden denn auch verschiedene Expeditionen zur Beobachtung der in jener Zeitperiode zu erwartenden Sonnenfinsternisse vorbereitet und dazu die tüchtigsten Kräfte, Astronomen, Photographen und Naturforscher, herangezogen. Die photographische Abtheilung der deutschen Expedition stand unter Leitung Dr. Hermann Vogel's aus Berlin.

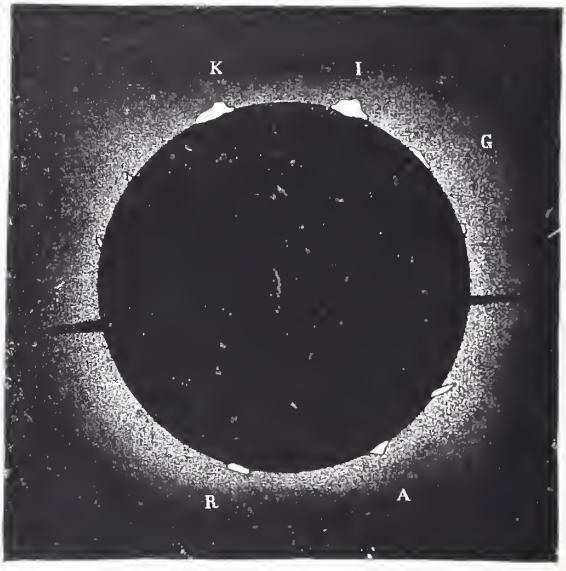


Fig. 34. Photographie von Secchi (1860).

Von der Finsterniss vom 18. August 1868, deren Totalität zwischen fünf und sechs Minuten betrug, ist uns durch Vogel, welcher im Verein mit Dr. Zenker, Dr. Fritsch und Dr. Tiele im Auftrage des damaligen norddeutschen Bundes eine Expedition nach Aden in Südarabien unternommen hat, eine dankenswerthe

Schilderung aufbewahrt. Dr. Vogel schrieb an Bord des Dampfers, der die Expedition nach Suez zurückführte, Folgendes:

„Der Anblick von Aden ist keineswegs sehr erfreulich. Eine völlig kahle, wilde, zerrissene Felsenmasse, Reste eines ausgebrannten Vulkans, dazwischen einige Festungswerke, Lagerhäuser, Läden, Kohlenschuppen, Flaggenstangen; so ungefähr stellte sich uns der Ort dar, der 14 Tage unsern Aufenthalt bilden sollte. Die Farbe Grün fehlte gänzlich in der Natur. Unter Schreien, Zanken und Toben des arabischen Gesindels wurden unsere Gepäckstücke und wir selbst ans Land gebracht. Hier erfuhren wir, dass unsere vorausgegangenen Kollegen von dem englischen Gouvernement in der zuvorkommendsten Weise empfangen worden und ihnen als Stationsort zwei indische Hütten, sogenannte Bungalos, wie sie in diesem Klima üblich sind, auf der Ostseite der Halbinsel eingeräumt worden seien. Nach längerem Suchen fanden wir sie daselbst in Gemeinschaft mit den Mitgliedern der österreichischen Expedition, den Herren Dr. Weiss, Oppolzer und Rziha, und zwar so vortrefflich einquartirt, als man es auf dieser öden Küste nur wünschen konnte. Das englische Gouvernement spielte seine Rolle als unser Wirth in der generösesten Weise. Eine ganze Dienerschaft, ein Koch u. s. w. warteten uns auf; Wagen, Kameele, Esel standen zu unserer Disposition, und jeder unserer Wünsche wurde im Umsehen erfüllt. Insofern liess unser leibliches Wohlbefinden wenig zu wünschen übrig; die Temperatur (26 Grad R.) war gegen die Hitze auf dem Rothen Meere niedrig zu nennen, ein frischer Wind strich fortwährend über die Höhe des Marshagill, auf welcher unser Bungalo stand, und trug wesentlich zur Kühlung bei. Zehn Tage verblieben uns noch zu Vorbereitungen für die Sonnenfinsterniss-Aufnahmen. Sie wurden verwendet zum Fundamentiren unserer photographischen Fernrohre, Aufstellen der letzteren und zur genaueren Orientirung. Als Observatorium diente uns ein Bungalo, dessen Dach wir theilweise abdeckten, um mit dem Fernrohr hindurch schauen zu können, und dessen übrigen Raum wir nothdürftig als Laboratorium, Putzraum und Lager herrichteten. In diesem Rohrkäfig, denn weiter war das Gebäude nichts, waren wir nothdürftig gegen den Wind, weniger gegen den Staub geschützt. Wasser wurde uns in Bocklederschläuchen auf Eseln heraufgeschafft. Zwei Zelte, welche wir von Europa mitgenommen hatten, vertraten die Stellen der Dunkelkammern. Extra mitgenommene Landschafts- und Porträtapparate gaben uns Stoff zu landschaftlichen und anthropologischen Aufnahmen und zu gleicher

Zeit ein bequemes Hilfsmittel zur Prüfung unserer Chemikalien. Einige kleine Fehler der letzteren wurden bald überwunden, schwieriger waren die Einflüsse des Staubes und der körperlichen Ausdünstungen hinweg zu schaffen. Bei der leichtesten Arbeit lief der Schweiss bei der feuchten Luft stromweise vom Leibe, er rann aus den Fingerspitzen, tropfte vom Gesicht, und oft genug wurde eine frischgeputzte oder präparirte Platte beim Hantiren durch einen auffallenden Schweisstropfen verdorben. Uebung verschaffte uns jedoch bald Vorsicht diesem Hinderniss gegenüber; einige Probeaufnahmen der Sonne u. s. w. gelangen glücklich; mit Ruhe konnten wir dem Finsternisstage entgegen sehen. Nur eins stimmte uns bedenklich, und zwar das Wetter. Alle Berichte über Aden hatten uns früher übereinstimmend einen völlig heiteren Himmel in Aussicht gestellt; es sollte nach Aussagen kompetenter Reisender jährlich dort höchstens dreimal regnen, Wolken sollten zu den Ausnahmen gehören. Wir waren daher nicht wenig überrascht, als wir bei unserer Ankunft die vulkanischen Höhen Adens in Wolken gehüllt erblickten und am nächsten Morgen von einem Regenschauer begrüsst wurden. Noch bedenklicher aber wurden wir, als Tag für Tag die Sonne hinter Wolken gehüllt aufging und dieser Witterungszustand im Laufe der Zeit sich eher verschlechterte als verbesserte. Insofern waren für unseren Hauptzweck die Aussichten schlecht genug, und bald schwand uns alle Hoffnung. Am Finsternisstage verliessen wir früh um vier Uhr unser Lager. Neun Zehntel des Himmels waren bewölkt. Resignirt machten wir uns an die Arbeit. Aufgabe der norddeutschen Expedition war die photographische Aufnahme der Finsterniss während ihrer Totalität. Hierzu diente ein langes Fernrohr mit einer sechszölligen Linse ohne Fokusdifferenz von 6 Fuss Brennweite. Diese von Steinheil konstruirte Linse lieferte ein Sonnenbild von $^3/_4$ Zoll Durchmesser, welches auf einer photographischen Platte, mit Hilfe einer gewöhnlichen Schiebekassette zu zwei Bildern, aufgenommen werden konnte. Da Sonne und Mond sich bewegen, würde natürlich ein solches Instrument, wenn es stille stände, nur unscharfe Bilder liefern. Deshalb war das Rohr mit einem Uhrwerk in Verbindung gesetzt, welches demselben eine dem Laufe der Gestirne genau entsprechende Bewegung ertheilte. Um jede Erschütterung des Rohres zu vermeiden, war der Klappenschluss des Objektivs nicht unmittelbar am Fernrohr angebracht, sondern an einem separaten Stativ, und stand mit dem Fernrohr durch eine elastische Hülle in Verbindung. Die Dauer der totalen Finsterniss betrug in Aden nur drei Minuten

(in Indien fünf Minuten). Dennoch hatten wir Aden als Stationsort gewählt, weil in Indien bereits photographische Beobachter vorhanden waren und weil in Aden die Finsterniss zuerst und ungefähr eine Stunde früher als in Indien eintrat. Es konnte so durch Vergleichung unserer Beobachtungen mit den indischen ein Kriterium gewonnen werden, ob jene wunderbaren, bei der totalen Finsterniss hervortretenden Lichterscheinungen der Protuberanzen im Laufe der Zeit sich änderten oder nicht. Unsere Aufgabe war es nun, innerhalb der drei Minuten eine möglichst grosse Zahl von Bildern des Phänomens zu erhalten. Für diesen Zweck hatten wir uns förmlich an dem photographischen Fernrohr einexerzirt, gerade wie die Artilleristen an ihren Kanonen. Dr. Fritsch machte die Platten in dem ersten Zelt, Dr. Zenker schob die Kassetten in das Fernrohr, Dr. Tiele exponirte und ich entwickelte in dem zweiten Zelt. Wir hatten festgestellt, dass es in dieser Weise möglich sei, in drei Minuten sechs Bilder zu machen. Der entscheidende Moment kam immer näher; der mit banger Sorge von uns betrachtete Wolkenhimmel zeigte zu unserer Freude jetzt einige Lücken, durch welche die bereits theilweise vom Monde bedeckte, als Sichel erscheinende Sonnenscheibe sichtbar wurde. Die Landschaft erschien in dem seltsamsten Lichte, beinahe einem Mittelding zwischen Sonnen- und Mondlicht. Die chemische Lichtstärke erwies sich auffallend schwach. Eine Probeplatte gab mit Steinheil-Aplanat, Mittelblende, erst in 15 Sekunden ein ausexponirtes Bild der Wolken. Immer kleiner wurde die Sonnensichel, die Wolkenlücke schien sich noch mehr zu öffnen, wir schöpften Hoffnung. Die letzten Minuten vor der Totalität (welche um 6 Uhr 20 Minuten eintrat) vergingen im Fluge. Dr. Fritsch und ich krochen eiligst in unsere Zelte und blieben daselbst, Platten präparirend und entwickelnd. Von der Totalität haben wir Beide unter diesen Umständen nichts gesehen. Unsere Arbeit begann. Die erste Platte wurde probeweise 5 und 10 Sekunden exponirt, um zu sehen, welche Zeit ungefähr die richtige sei. Mohammed, unser schwarzer Diener, brachte mir die erste Kassette ins Zelt. Ich goss Eisenentwickler über die Platte, gespannt der Dinge harrend, die da kommen sollten. — Da erlosch meine Lampe — Licht! Licht! rief ich — Licht! aber Niemand hörte, Alle hatten vollauf zu thun. Da griff ich selbst zum Zelt mit der rechten Hand hinaus — in der linken die Platte haltend — fasste glücklich eine kleine Oellampe, die ich mir für alle Fälle brennend bereit gestellt hatte, und jetzt sah ich das Sonnenbildchen auf meiner Platte erscheinen. Der dunkle

Sonnenrand war umgeben mit einer Reihe eigenthümlicher Erhebungen auf der einen Seite, auf der anderen zeigte sich ein seltsames Horn — beide Erscheinungen vollkommen analog in beiden Bildern (Figg. 35, 36). Meine Freude war nicht gering, doch es war keine Zeit zum Freuen; bald war die zweite und eine Minute später auch die dritte Platte in meinem Zelte. „Die Sonne kommt", rief Zenker, die Totalität war vorüber. Alles dies erschien aber als das Werk eines Augenblicks, so rasch war uns die Zeit verflossen. Die zweite Platte zeigte bei

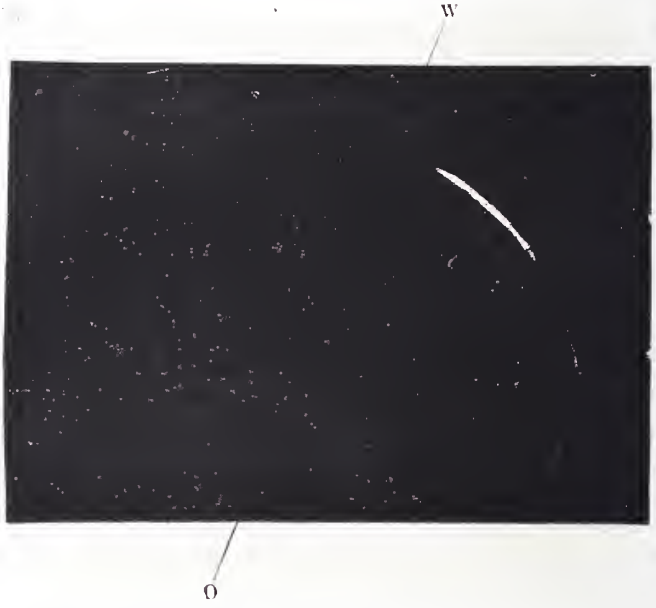


Fig. 35. Sonnenfinsterniss von 1868 (nach Vogel's Photographie).

der Entwicklung sonderbarer Weise nur ganz schwache Spuren eines Bildes. Vorüberziehende Wolkenschleier hatten im Augenblick der Exposition die photographische Wirkung fast gänzlich verhindert. Die dritte Platte zeigte wieder zwei gelungene Bilder mit Protuberanzen am unteren Rande. Froh des Erreichten wurden die Platten gewaschen, fixirt, lackirt und sofort — freilich mit sehr unvollkommenen Hilfsmitteln — einige Kopien auf Glas genommen, die, um Verlusten zu begegnen, separat nach Europa geschickt wurden. Wie wir bei unseren Arbeiten vom Glücke begünstigt worden waren, geht am besten aus dem Umstande hervor, dass auf einem anderen, nur eine halbe Stunde von unserer Station entfernten Punkte wegen des

Wolkenschleiers von der Totalität nichts gesehen werden konnte. Nachdem wir diese unsere Hauptaufgabe glücklich vollbracht, war unseres Bleibens in Aden nicht länger; in drei Tagen ging der Dampfer nach Suez. Rasch wurde das Fernrohr, das Uhrwerk und die Unzahl von Instrumenten und Chemikalien verpackt, auf Kameele verladen und nach dem Hafen transportirt. Am 21. August sagten

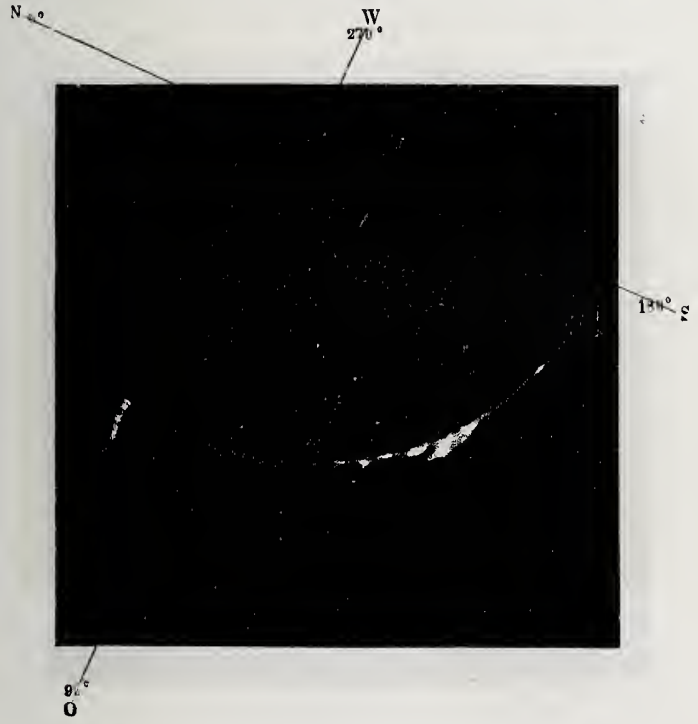


Fig. 36. Sonnenfinsterniss von 1868 (nach Vogel's Photographie).

wir der öden Felseninsel Lebewohl und steuerten nach Suez." (Vogel, die chemischen Wirkungen des Lichts, Leipzig 1874.)

Unsere Abbildungen Figg. 35 und 36 geben eine getreue Kopie der durch die deutsche Expedition aufgenommenen Photographien. Man erkennt hier, ebenso wie bei den Abbildungen der Finsterniss von 1860, einzelne Protuberanzen, welche in Fig. 37 nach den Darstellungen, wie sie in Indien von Major Tenant zur selben Zeit photographirt wurden, in vereinigtem Gesammtbilde erscheinen. Warren de la Rue hat später die Tenant'schen Photographien zusammen

gezeichnet, welches Bild wir in Fig. 38 reproduziren. Die bedeutende Höhe der Protuberanzen tritt hier besonders hervor. Die Protuberanz *A*, welche auch in Fig. 36 (v. d. Expedition in Aden) ersichtlich ist, hatte nach Dr. Vogel's Berechnung eine Höhe von 18,000 deutschen Meilen. Dieselbe stand hornartig am östlichen Rande der Sonne hinaus und machte den Eindruck einer gewaltigen brennenden Gasmasse. Aufserdem sind auf der Zeichnung Warren de la Rue's

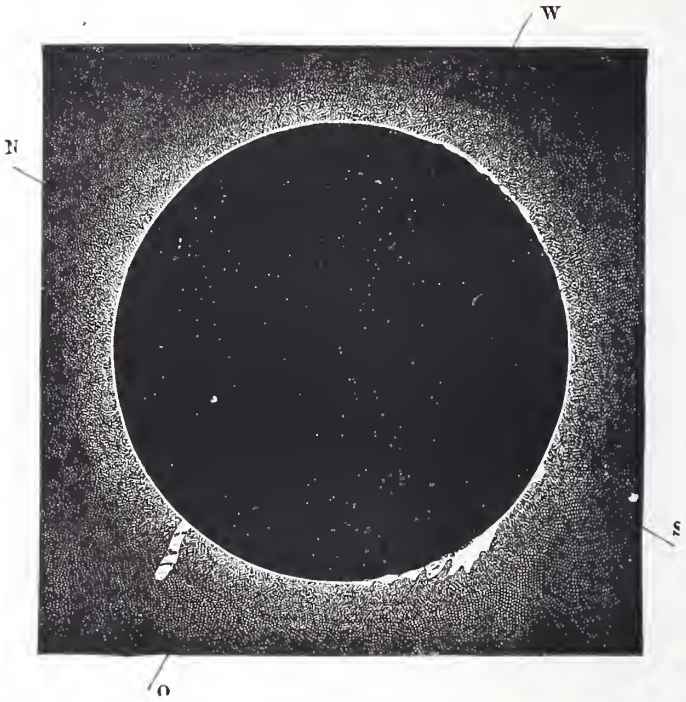


Fig. 37. Sonnenfinsterniss von 1868 (nach Major Tenant's Photographien).

der Mondweg, die Sonnenachse und die Sonnenflecken angegeben, welche an jenem Tage auf dem Observatorium zu Kew photographirt worden sind.

Die zweite Sonnenfinsterniss vom 7. August 1869 wurde mit besonderem Eifer in Amerika verfolgt. Gegen hundert Photographen waren zur Beobachtung dieses Phänomens nach dem Staate Jowa in Nordamerika dirigirt und standen unter der Leitung des Professors Morton aus Philadelphia. Der Kongress hatte dazu fünftausend Dollars bewilligt. Die photographischen Aufnahmen wurden von

Dr. B. A. Gould geleitet. Ausserdem hatte die Regierung der Union noch drei Expeditionen nach verschiedenen Stationen Nordamerika's ausgerüstet und mit den ausgezeichnetsten Hilfsmitteln zur Beobachtung versehen. Es wurden 279 brauchbare photographische Aufnahmen jener totalen Sonnenfinsterniss durch circa 30 Fernrohre erzielt, und waren die Resultate die glänzendsten, die bislang erreicht waren.

Die Schilderung, welche Mr. Edward Wilson in den „photo-

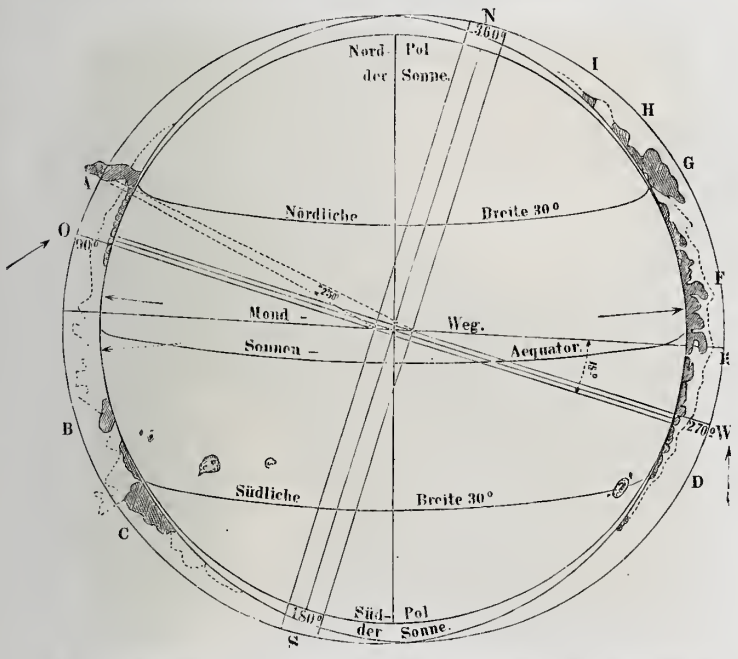


Fig. 38. Sonnenfinsterniss, nach Photographien von Warren de la Rue gezeichnet.

graphischen Mittheilungen", Oktoberheft 1869, giebt, gestatten uns einen Einblick in das energische Arbeiten, welches die Amerikaner nicht nur in Bezug auf materielle Interessen, sondern auch auf wissenschaftliche Forschungen auszeichnet.

Wilson war im Vereine mit Professor Morton zu Mount-Pleasant stationirt. Seine Originalmittheilung lautet folgendermassen:

„Die Nacht vor dem 7. August erschien der Himmel bewölkt, hellte sich aber am Morgen zu einem sehr klaren und wolkenlosen Tage auf, wie seit Monaten keiner gewesen war. Unser Dunkelzelt war gross und bequem. Zwei Schlitze zu beiden Seiten erlaubten

die Kassetten aus- und einzuführen. Das Teleskop war nur $1^2/_3$ Meter vom Zelt. Die Chemikalien waren die gewöhnlichen, in unseren Ateliers üblichen. Die erste Platte stak bereits im Rohr. Professor Watson signalisirte uns durch Aufheben der Hand den Expositionsmoment, der Augenblicksverschluss klappte auf und zu und das erste Bild war exponirt. Die Entwicklung ergab ein Bild der Sonne, das wie ein leicht vom Daumen eingedrückter Apfel aussah. Nun machten wir ununterbrochen Platten in Zwischräumen von 5 und 10 Minuten bis zur Totalität und von da ab wieder bis zur Trennung der beiden Gestirne. „Die Totalität kommt in sechs Minuten" schrie Professor Watson und wir wiederholten es für unsere Freunde im Dunkelzelt. Die Platten kamen, die Totalität trat ein; sie dauerte 2 Minuten und 48 Sekunden. Es waren Männer genug zum Arbeiten da, es ging Alles vorzüglich und unsere Expedition reüssirte glänzend. Drei von uns waren aber Märtyrer der Wissenschaft, nämlich die Männer in der Dunkelkammer. Es haben mehr Yankees den Niagarafall und die Mammuthhöhle in Kentucky gesehen, als die Finsterniss vom 7. August, und es wird bis 1901 dauern, ehe eine andere sichtbar sein wird, und diese drei Männer arbeiteten wie Helden und sahen nichts von dem grossartigen Phänomen. Unsere Position am Fernrohr gestattete uns, während unserer Arbeit das Fortschreiten der Finsterniss leicht zu beobachten. Eine Viertelstunde nach Eintritt des Mondes merkte man schon die Abnahme der Helligkeit und nahe vor der Totalität wurde die Luft so viel kühler, dass wir einen Tuchrock an Stelle unseres Leinenkittels zu haben wünschten. Die Luft sah aus, als wollte sich ein Sturm entfalten. Eine Wolkenbank that sich im Süden auf, sie fing an sich zu färben, erst silberweiss, dann grau, dann gelblich, dann glänzend gelbroth. Das Himmelblau ging in verschiedene Farben über. Unsere Gesichter erschienen uns schwarzgelblich. Wir beobachteten dies Alles mit einer gewissen Aufregung wegen der Sorge um unsere Erfolge. Die Totalität kam. Es war dunkel, aber nicht das Dunkel der Nacht. Lesen hätte man nicht können. Es war dunkler ringsum, als in einer hellen Mondnacht, doch hell genug, um unsere Arbeit zu verrichten. Einen Moment vor völliger Totalität erschien die schmale Sonnensichel noch ganz blendend, dann erlosch das Licht wie eine abgebrannte Kerze. Da hingen Sonne und Mond, die beiden gewaltigen Gestirne, face à face zwischen Himmel und Erde, ein grosser schwarzer runder Fleck, umgeben mit einem glänzenden Lichtkreis von bräunlich goldiger Farbe, hier und da unterbrochen durch die helleren Flecke der fleisch-

farbenen Protuberanzen von ganz unregelmässiger Grösse und Gestalt und umgrenzt von der herrlichen Korona, welche ihre Strahlen nach allen Richtungen schoss, am schwächsten dort, wo die Protuberanzen am grössten waren, aber alles in Glorie hüllend, wunderbar schön, als wäre der Schöpfer im Begriff, an diesem Wunder seine Allmacht zu zeigen. Alles war still, nur das Zählen der Astronomen und das Schlagen unseres Momentanverschlusses unterbrach das Schweigen.

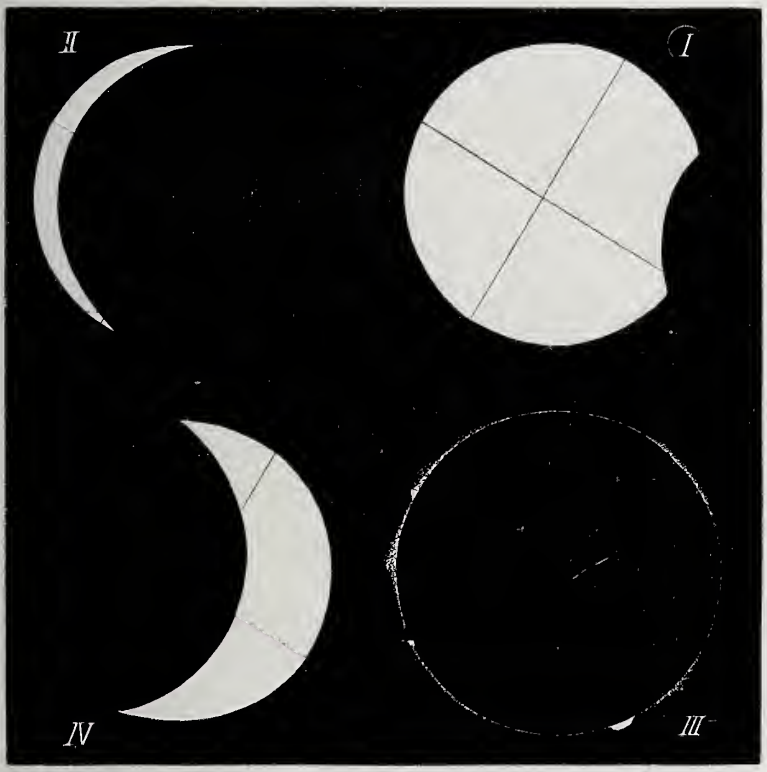


Fig. 39. Sonnenfinsterniss-Photogramme 1869 (Morton's amerikanische Expedition).

Die Erscheinung war wie ein Riesenbild der Laterna magica, aufgefangen auf dem Himmel als Bildschirm. Wir sahen uns um, es erschienen einige Sterne, sie blickten uns fast vorwurfsvoll an. Ein ähnliches Gefühl erregte in uns das Sichtbarwerden der grossen Protuberanz am unteren Sonnenrande. Vier Platten waren belichtet, da plötzlich erfüllte sich das Wort „es werde Licht" und „es ward Licht" und heraus quoll eine mächtige glänzende Flut von Licht, gleich den stürzenden, schäumenden Niagarawassern. Die Sonne trat hervor wie eine Siegerin aus dem Titanenkampfe und mit Jubel wurde sie von

dem ringsum versammelten Volke begrüsst. Immer grösser wurde die Sonnensichel, immer heller und wärmer ihre Strahlen, bis die Tageskönigin wieder in voller Gestalt und Glorie am Himmel stand. Die gewonnenen Negative wurden sofort in Originalgrösse reproduzirt und von diesen sekundären Negativen stammen die obigen Abdrücke (Fig. 39 S. 45.) her.

Das erste Bild oben rechts (I) war das sechste oder siebente nach dem ersten Kontakt; die Sonnenflecke sind im Original sichtbar ebenso das Fadenkreuz zur Bestimmung der Position, der eine Faden ist parallel dem Erdäquator, das zweite Bild war kurz vor der Totalität gemacht, und zeigt den Fortgang des Mondes. III ist ein Totalitätsbild. Die Expositionszeit war nur zu kurz, um die Hauptprotuberanzen alle zu erhalten, ehe sie durch die Fortbewegung des Mondes zugedeckt wurden. Die Korona ist darin kaum sichtbar. Das Bild giebt den besten Begriff von der Gestalt und Grösse der Protuberanzen, obgleich bei der Reproduktion Mancherlei verloren gegangen ist. Die Protuberanz im unteren Theile der Figur war die grösste und hellste. Das letzte Bild (IV) ist dreiviertel Stunden nach der Totalität gemacht. Wir glauben sagen zu dürfen, dass noch niemals so gute Photographien der Sonne erhalten worden sind."

Figur 2 auf Tafel I giebt die Kopie einer Sonnenfinsterniss-Photographie wieder, welche am 7. August 1869 von Dr. Gould in Burlington in Amerika bei 7 Sekunden Expositionszeit im Momente der Totalität aufgenommen wurde.

Eine fernere Expedition wurde in Amerika von dem obengenannten Mr. Whipple aus Boston zu Shelbyville in Kentucky dirigirt: eine dritte hatte sich nach Davenport, eine vierte nach Jefferson-City begeben. Letztere war nicht vom Wetter begünstigt und hat nur vier Bilder der Totalität aufgenommen.

In Figur 40 ist die im Jahre 1869 in Amerika beobachtete totale Verfinsterung mit den photographirten Protuberanzen und der Korona zu einem Gesammtbilde vereinigt. Die Protuberanzen bei dieser Finsterniss glichen theils vulkanischen Feuerausbrüchen, theils fortgetriebenen Feuerwolken.

Die Expedition, welche am 22. September 1870 unter Leitung des englischen Astronomen Lockyer von der englischen Regierung nach Catania in Sizilien entsendet worden, hat infolge störender Witterungseinflüsse keine bedeutenden Erfolge aufzuweisen. Derselben hatten sich auch Roscoe aus England und H. W. Vogel aus Berlin angeschlossen.

Die genannten Forscher waren zur Beobachtung der an dem bestimmten Tage stattfindenden Sonnenfinsterniss den Aetna emporgestiegen und auch bis 1500 Meter über die Meereshöhe gelangt, als plötzlich ein trüber Wolkenschleier den Himmel überzog und dichter Schneefall sie an weiterem Vordringen verhinderte. Obwohl sich das Wetter wieder aufgeklärt hatte, zog im Moment, wo der erste Kontakt des Sonnenrandes mit dem Mondrande beobachtet werden sollte, aus

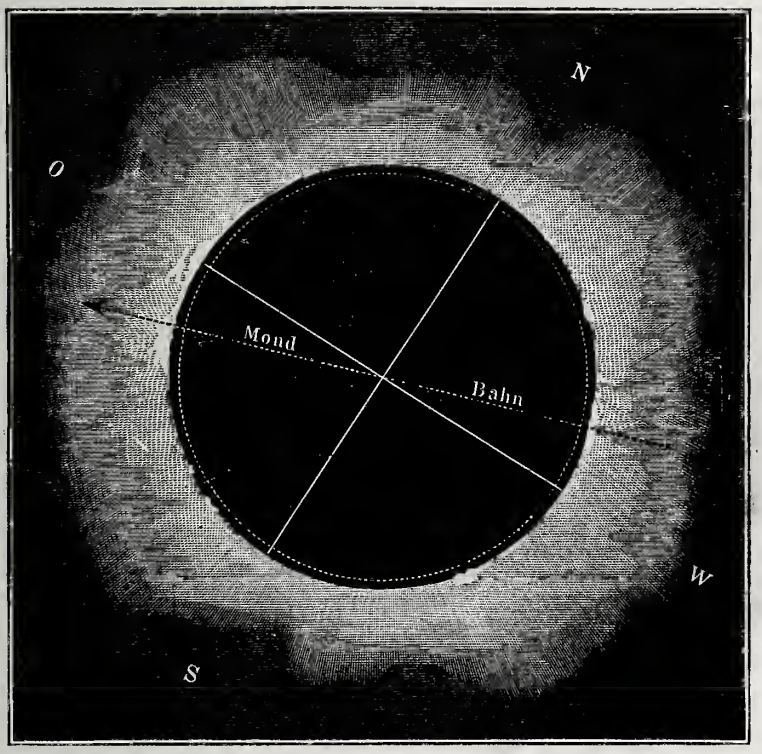


Fig. 40. Amerikanische Photographie der Sonnenfinsterniss von 1869 (Whipple).

Norden eine ungeheuere, gelblich gefärbte Wolke heran, welche sich in ein dichtes Hagelwetter auflöste. Während der Totalität war die Sonne durch eine dunkelgraue Atmosphäre verhüllt und alle Anstrengungen und die so mühsamen Vorbereitungen wären vergeblich gewesen, wenn nicht andere erfolgreiche Untersuchungen die Reisenden in mannichfacher Beziehung entschädigt hätten.

Die vierte Finsterniss, welche im Laufe des letzten Jahrzehnts zur Beobachtung kam, fand am 12. Dezember 1871 statt und war

in Ostindien sichtbar. Figur 41 zeigt uns eine herrliche Darstellung der Korona, wie dieselbe durch Davis, den Astronomen Lord Lindsay's, am 12. Dezember 1871 in Indien aufgenommen wurde. Der Mond erscheint hier in ovaler, durch rasches Vorbeirücken an der Sonnenscheibe bedingter Gestalt. Die Protuberanzen sind aus den oben (S. 35) angeführten Gründen chemischer Ueberwirkung nicht zu sehen. Eine weitere Darstellung dieser interessanten Sonnenfinsterniss liefert das Bild No. 3 auf Tafel I. Dasselbe wurde mit dem stationären Apparat und einem lichtstarken Porträtobjektiv von 3 Zoll Oeffnung von C. Dietrich, Photograph aus Buitenzorg bei Batavia, an dem genannten Tage zu Tjilentap auf Java in $^1/_2$ Sekunde Expositionszeit mit gewöhnlichen empfindlichen Chemikalien, in einer Grösse von 3 Millimeter Durchmesser aufgenommen. Wir verdanken die Kopie, nach welcher unser Tafelbild vergrössert wurde, der Vermittelung des Herrn Dr. H. W. Vogel in Berlin.

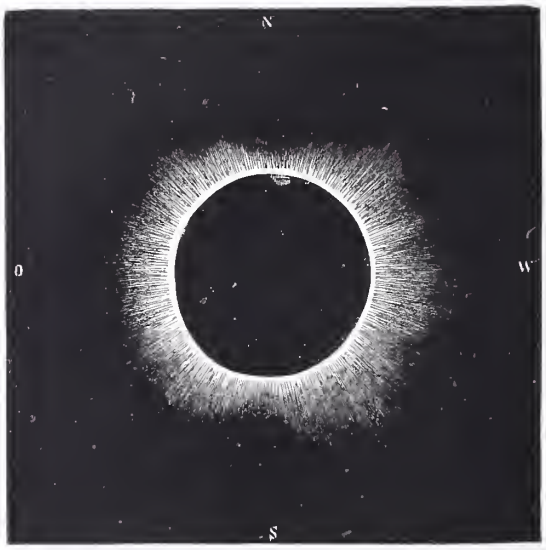


Fig. 41. Sonnenfinsterniss-Photographie vom 12. Dez. 1871.

Fassen wir die aus den verschiedenen Sonnenfinsternissen vom Jahre 1860 bis 1883 gewonnenen photographischen Resultate zusammen, so finden wir in den bezüglichen Abbildungen nicht nur die sich folgenden Momente der Verfinsterung treu wiedergegeben, sondern es erscheinen auch die Grenzen des Sonnenrandes in einer früher nicht erreichten, und selbst durch die fleissigste Zeichnung kaum erreichbaren Vollkommenheit. Die Protuberanzen zeigen auf einzelnen Platten eine bewundernswerthe Schärfe der Darstellung, während sich auf anderen photographischen Bildern die Korona mit ihren rechtwinklig auf der dunkeln Mondscheibe stehenden Strahlen herrlich markirt. Vergleicht man viele Bilder mit einander, so über-

zeugt man sich, dass die hellsten Stellen der Korona augenscheinlich mit den Protuberanzen in Zusammenhang stehen. Es hat sich nämlich bei genauen Vergleichen herausgestellt, dass das Licht der Korona weder, wie man bisher glaubte, eine durch unsere Erdatmosphäre bedingte Lichtbrechungserscheinung ist, noch auf reflektirtem Sonnenlichte beruht; man hält sie vielmehr für eine direkt von der glühenden Sonnenatmosphäre ausstrahlende Lichtmasse, wogegen die amerikanischen Beobachter die Erscheinung für eine elektrische Entladung von sehr schneller Bewegung ansehen und dieselbe der Natur des Nordlichtes an die Seite stellen. Weitere mit Hilfe der Photographie anzustellende Untersuchungen werden auch diese Streitfrage zu endlicher Lösung bringen.

3. DER MOND.

Während der mächtige Centralkörper unseres Planetensystemes als der unerschöpfliche Born des Lichtes und der Wärme, der Kraft und des Lebens sich erweist, drängt sich uns bei der Betrachtung des Mondes der Gedanke auf, dass dessen Rolle eine verhältnissmässig im Weltall sehr unbedeutende und er nur in seiner Eigenschaft als unzertrennlicher Begleiter der Erde, als Reflektor des Sonnenlichtes, unsere Aufmerksamkeit in Anspruch zu nehmen berechtigt sei. Der Mond ist todt und giebt uns gleichsam ein Zukunftsbild unserer Erde, während die gasförmig-glühenden Massen auf der Sonne uns einen Begriff von der Vergangenheit unseres Planeten zu geben im Stande sind.

Kaum war im Jahre 1839 die Einwirkung des Lichtes auf die jodirte Silberplatte von Daguerre gefunden, als man auch versuchte, die chemische Wirkung der Mondstrahlen auf die Jodsilber-Schicht zu erproben, und schon Arago hat im Jahre 1840 das Daguerre'sche Verfahren für die Darstellung des Mondes in einer Sitzung der Akademie empfohlen. Bei der geringen Empfindlichkeit der damals im Gebrauche gewesenen chemischen Reagentien und deren langsamer Wirkung konnte jedoch von einem vollkommenen photographischen Mondbilde noch nicht die Rede sein. Es wurde nur konstatirt, dass die Strahlen des Mondlichtes eine chemische Einwirkung auf die Daguerreotypplatte überhaupt besitzen.

Alle Photographien des Mondes mussten an der zu langen Expositionszeit scheitern, weil während derselben auch durch das beste Uhrwerk nur die scheinbare tägliche und die dieser entgegengesetzte Eigenbewegung des Mondes zu kompensiren möglich war, nicht

aber die dazu senkrechte Bewegung in Deklination, die Wirkung der Abstandsänderung des Mondes vom Beobachtungsorte und der Veränderung des Schattenwurfes mit dem Fortschreiten der Beleuchtungsgrenze auf der Mondoberfläche. Aber die Expositionsdauer konnte durch Vervollkommnung der Instrumente und des angewandten photographischen Verfahrens auf 1—2 Zeitminuten herabgedrückt werden. Rutherfurd erhielt bei seinen späteren Versuchen auf nassen Kollodiumplatten ein richtig exponirtes Bild sogar schon in $^3/_4$ Sekunden, jedoch nur bei sehr klarer Atmosphäre. Während bekanntlich die Anfertigung der schönen Karte des Mondes durch den berühmten Mondtopographen Mädler (Fig. 51) nahe 7 Jahre, vom Frühjahr 1830 bis August 1836, beanspruchte, vermag der Photograph dieselbe Aufgabe in einer Sekunde zu lösen, welche Expositionszeit bei Benutzung von Bromgelatinetrockenplatten auf Bruchtheile einer Sekunde herabgeht. (Vgl. Bd. I. S. 266.)

Die Ersten, welche befriedigende Lichtbilder des Mondes aufnahmen, waren Professor Bond zu Cambridge, sowie Whipple und Black zu Boston in den Vereinigten Staaten von Nordamerika. Dieselben erhielten im Jahre 1850 ein Daguerreotypbild des Mondes, indem sie eine jodirte Silberplatte in den Fokus des grossen Reflektors des Harwarder Observatoriums einstellten; einige ihrer Bilder waren auf der ersten Londoner Ausstellung vom Jahre 1851 zu sehen; andere wurden in der Versammlung der englischen astronomischen Gesellschaft im Mai 1851 vorgezeigt.

In der zweiten Hälfte des Jahres 1852 stellte Warren de la Rue einige sehr gelungene Photographien des Mondes her (Fig. 42). Er brauchte eine Expositionszeit von circa 15 Sekunden und wandte dabei zum ersten Male das Kollodiumverfahren auf Glasplatten zur Gewinnung astronomischer Bilder an. Vermittelst eines äquatoreal aufgestellten Teleskops von 13 Zoll Oeffnung und 10 Fuss Fokaldistanz gelangte er zu Resultaten, die heute noch das ungetheilte Lob der Fachmänner geniessen und sind Kopien jener Bilder bekanntlich zu Tausenden in den Handel gekommen. Im Jahre 1853 befasste sich der englische Professor Philipps mit demselben Gegenstande und theilte das Resultat seiner Erfahrung in einer zu Hull abgehaltenen Versammlung mit. Später haben sich Secchi in Rom und Fry in Brighton, sowie der Astronom Huggins in London mit Mondphotographien beschäftigt. Die dabei angewendeten Fernrohre waren Refraktoren. Eine aber bis heute noch unübertroffene Vollkommenheit erhielten die photographischen Aufnahmen des Mondes

Fig. 42. Mond (erstes Viertel) nach einer Photographie von Warren de la Rue.

durch Rutherfurd in Newyork. Derselbe gebrauchte zur Darstellung eines guten Mondnegativs in der Zeit des Vollmondes nur Theile einer Sekunde. Im ersten und im dritten Viertel stieg die Expositionszeit jedoch bis auf 20 bis 30 Sekunden und hing solche von der Empfindlichkeit des Kollodiums ab. Die erhöhten Stellen der Mondoberfläche, welche als Mondberge beschrieben werden, und besonders die hell erleuchteten Gipfel dieser Berge, geben nach Rutherfurd rascher und schneller ein Bild, als die unter dem Namen der Mondmeere bekannten tiefer liegenden Gegenden.

Fig. 43. Warren de la Rue's Photographie des Vollmonds.

Figur 43 zeigt uns die getreue Kopie einer weiteren photographischen Mondaufnahme von Warren de la Rue, und in Fig. 44 geben wir zum Vergleiche ein nach einer Zeichnung gefertigtes Bild der Mondoberfläche.

Die Schwierigkeiten, welche sich der Mondphotographie entgegenstellen, haben einen doppelten Grund. Erstens veranlassen die Maschinerien, welche das Teleskop bewegen, infolge der differenten Laufbahn des Mondes Störungen — zweitens bringt bei der Operation mit grossen Objektiven der Umstand, dass der optische und chemische Brennpunkt der Linsen nicht zusammenfallen, Unregelmässigkeiten hervor.

Eine dritte Schwierigkeit liegt in der Verschiedenheit der Albedo des Mondes an verschiedenen Stellen desselben, weshalb bei bestimmter Expositionsdauer stets einige Parthieen über- andere unterexponirt sein werden, sobald man den ganzen Mond photographirt. Man begegnet ihr durch Detailaufnahmen, aus welchen später das vollständige Bild zusammenzusetzen ist. Bei allen Mondaufnahmen befremdet daher die von der optischen verschiedene Nuanzirung gewisser Theile der Mondscheibe, welche in der geringen chemischen Ein-

wirkung derselben auf die sensible Platte ihre Erklärung findet. Es wäre nicht schwer, diese dunkleren Partien richtig zu exponiren.

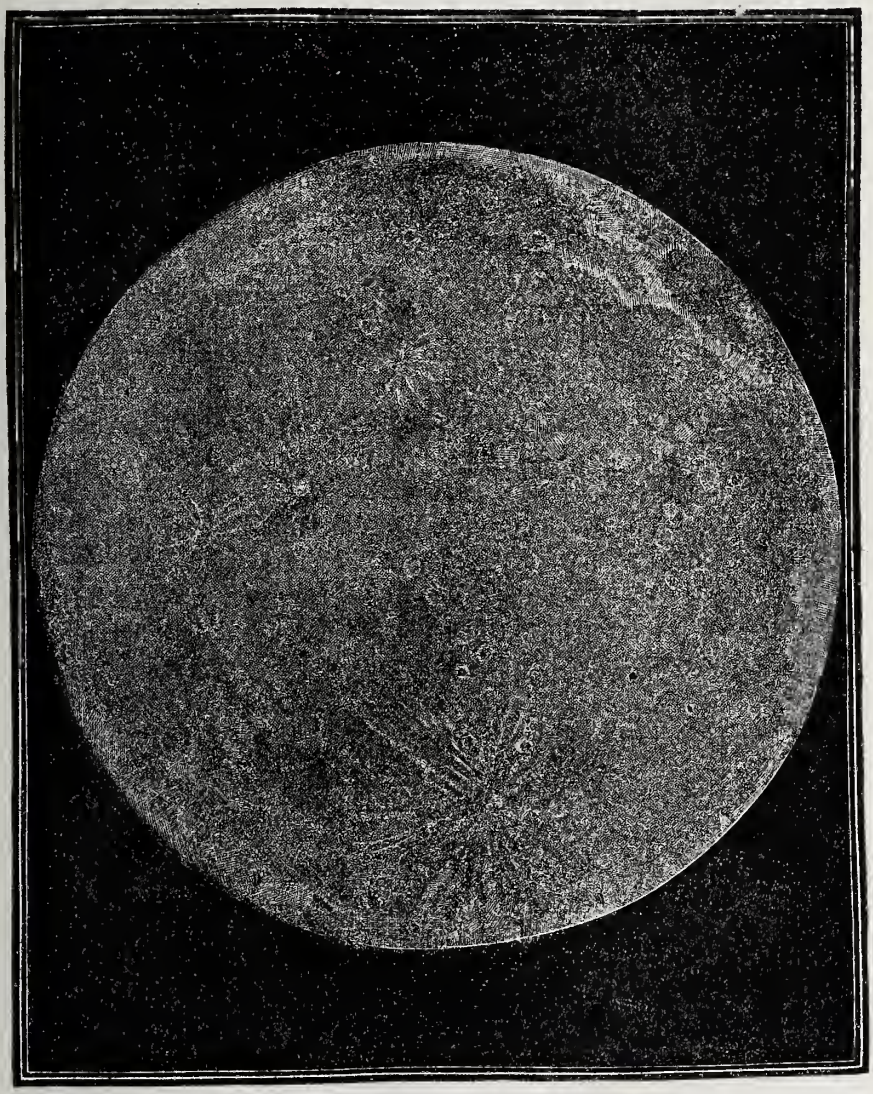


Fig. 44. Schema der Mondoberfläche.

wo dann aber die hellen überexponirt und deshalb unbestimmt erscheinen müssten. In dieser Beziehung verhalten sich die Bromsilber-Gelatine-Platten günstiger, als die nassen Kollodiumplatten, da die

Empfindlichkeit der ersteren näher zu den optisch wirksamen Strahlen des Spektrums liegt. Mit diesen gelingt die Aufnahme des Mondes auch bei kleineren Instrumenten schon in dem Bruchtheil der Sekunde, wie sich Weinek 1880 auf der Leipziger Sternwarte überzeugte, indem er im Brennpunkte des 6-zölligen Photoheliographen der 1874er Kerguelen-Venusexpedition ohne Uhrwerk durch rasches Vorbeibewegen eines Schirmes vor dem Objektive scharfe Mondbilder von 18 Millimeter Durchmesser erhielt.

Das Uhrgetriebe des Teleskops muss bei der Aufnahme von Mondbildern genau nach der stets wechselnden Mondzeit gestellt werden, und ist dabei zu beachten, dass die Mondzeit von der Sternzeit infolge der veränderlichen Bewegung des Mondes in seiner Bahn gegenüber den täglichen Bewegungen der Sterne abweicht. Wenn daher ein Uhrgetriebe, welches für einen Stern gestellt war, nach dem Laufe des Mondes gerichtet werden soll, so muss es mehr oder weniger verlangsamt werden. Warren de la Rue bewerkstelligte dies durch Verkürzung des Uhrpendels, indem er auf diese Weise die Drehungszeit änderte und modifizirte.

Was den zweiten Punkt, die Fokusdifferenz, anlangt, so rückt bei Refraktionsteleskopen der photographische Fokus zu weit von dem optischen Brennpunkte für die Aufnahme weg, als bei Reflektoren, indem jene Instrumente nur für das beste optische Bild hergestellt sind und für die chemischen Strahlen nicht berechnet wurden. Die Reflektoren aber, bei welchen alle Strahlen an fast gleicher Stelle zum Fokus gelangen, haben eben aus diesem Grunde für die Astro-Photographie beträchtliche Vorzüge.

Da der Fokus einer Korrektion für das optische und chemische Bild bedarf, so ist bei Refraktoren eine bezügliche Berechnung nothwendig. Warren de la Rue schreibt das vorzügliche Gelingen seiner Bilder hauptsächlich der Anwendung eines Reflektors zu, wenn auch seine Mitarbeiter auf demselben Gebiete Refraktoren mit Erfolg gebraucht haben.

Rutherfurd fand durch Berechnungen und durch praktische Versuche, dass bei seinen Refraktoren der photographische Brennpunkt 1,75 Centimeter jenseits des optischen gelegen war. In neuerer Zeit ist es ihm gelungen, ein astronomisches Objektiv von Flint- und Crownglas zu konstruiren, bei welchem der optische und chemische Brennpunkt zusammenfallen. Mit diesem Objektiv hat Rutherfurd die meisten seiner berühmt gewordenen photographischen Mondbilder dargestellt; wir geben auf unserer Tafel I Fig. 5 und 6 die

Photographien dreier uns von Herrn Rutherfurd für unser Buch zur Verfügung gestellter Mondaufnahmen in getreuen Nachbildungen wieder.

Schon mit unbewaffnetem Auge nehmen wir an der Oberfläche des Mondes eigenthümliche Ränder, ovale, zackige und gestreckte Vertiefungen und Erhabenheiten wahr, welche sich bei Benutzung eines guten Fernrohres als mannichfaltige Formen von Bergen und Thälern, hohen Zacken und kraterförmigen Vertiefungen, Unebenheiten und langgestreckten Gebirgszügen ergeben; diese Gebilde machen den Eindruck einer ursprünglich flüssigen Masse, aus deren Innerem kräftige Eruptionen hervorbrachen, welche einen dickflüssigen Stoff ausgetrieben und die kreisförmig erhöhten Ränder der Krater gebildet haben müssen.

Was nun den wissenschaftlichen Werth der Mondphotographie anlangt, so fällt vor Allem der Umstand ins Auge, dass niemals eine Zeichnung auch nur annähernd diejenigen Feinheiten der Mondoberfläche zu bieten vermag, welche durch eine gute bezügliche Photographie erzielt werden; auch wurde erst durch die photographische Darstellung stereoskopischer Mondbilder für das beschauende Auge des Laien konstatirt, dass der Mond keine Scheibe, sondern eine Kugel sei.

Das photographische Bild zeigt uns weiter, dass niemals eine volle Mondhalbkugel, selbst nicht zur Zeit des Vollmondes, sichtbar wird, ausgenommen kurz vor oder nach einer Mondfinsterniss, oder überhaupt, wenn Erde und Mond sich nahezu mit der Sonne in einer geraden Linie befinden. Wir entdecken nämlich bei genauer Durchsicht einer grösseren Sammlung photographischer Mondbilder, dass die scheinbaren Grenzen der Mondscheibe zu verschiedenen Zeiten auch sehr verschieden sind. Wir finden den Grund dieser unregelmässigen Erscheinung in den die Bewegung des Mondes begleitenden Schwankungen. Da die Umlaufzeit des Mondes mit seiner Achsendrehung übereinstimmt, so ist uns immer dieselbe Mondhalbkugel zugekehrt, welche demnach keinen Wechsel bieten würde; infolge der Schwankungen aber blicken wir etwas mehr bald auf die Westseite, bald auf die Ostseite unseres Satelliten; bald ist uns der Nordpol des Mondes, bald wieder der Südpol zugewendet, so dass es den Anschein hat, als ob der Mond bei seiner Drehung gleichsam eine perpetuirliche Pendelbewegung mache. Man nennt diese Schwankungen der Mondkugel die Librationen des Mondes, und zwar die Libration der Länge: die Schwankung nach Westen und Osten

(Fig. 45 *L*), die Libration der Breite: die Schwankung nach Norden und Süden (Eig. 45 *B*). Dieses Schwanken des Mondes bietet ein wichtiges Hilfsmittel zur Darstellung stereoskopisch-photographischer Abbildungen unseres Satelliten.

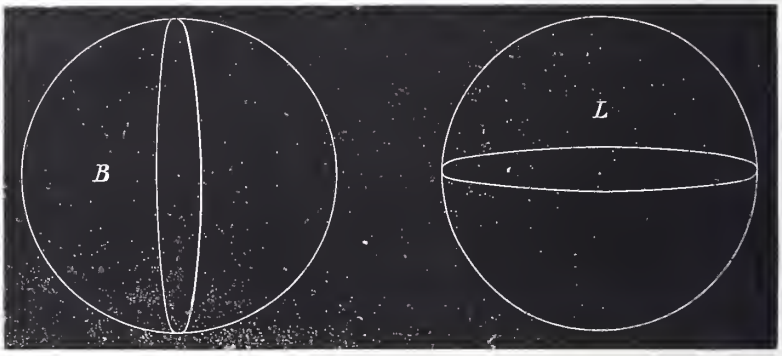


Fig. 45. Libration der Breite und Länge.

Damit die beiden in Längen- und Breitenlibration differirenden Mondbilder ein gutes Stereoskopbild zu geben im Stande seien, müssen sie dem Verhältnisse der Augenachsen entsprechen, das heisst es müssen die beiden Bilder so aufgenommen sein, dass das eine

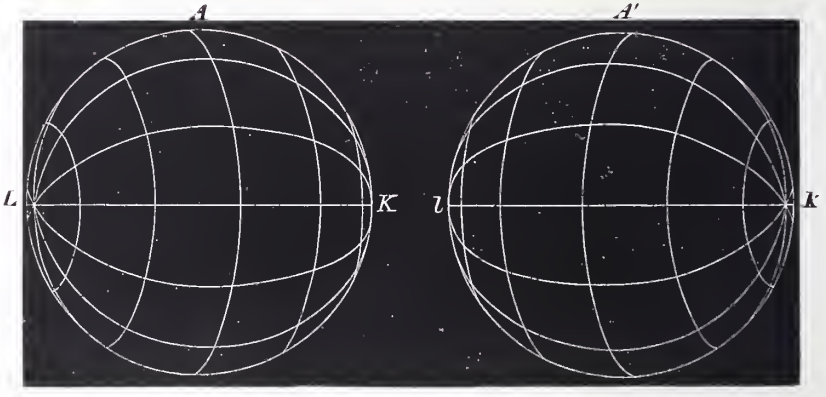


Fig. 46. Libration der Länge

mehr von der rechten, das andere mehr von der linken Seite dem Beobachter sich darbietet (s. Band I S. 46, über das Stereoskop). Wenn nun die Entfernung beider Augen von einander $6^1/_2$ Centimeter und die Entfernung des deutlichsten Sehens gleich 24 Centimeter

angenommen wird, so finden wir das Maximum des stereoskopischen Winkels von 15^0 58′.

Die möglichst weite Verschiebung eines Objekts, z. B. eines Bergkegels auf dem Monde, beträgt bei der Längenlibration von Ost nach West 15^0 50′, was mit dem Maximum des stereoskopischen Winkels fast identisch ist. Die Bewegung der Breitenlibration von Nord nach Süd übersteigt nie mehr als 13^0 34′, welche Abweichung ebenfalls innerhalb des stereoskopischen Winkefs fällt. In der Berücksichtigung obiger Gesetze liegt demnach die Möglichkeit, einen richtigen stereoskopischen Effekt für Mondbilder zu erreichen, vorausgesetzt, dass bei der photographischen Aufnahme des Mondes die Libration durch Verbindung zweier in genügend von einander ent-

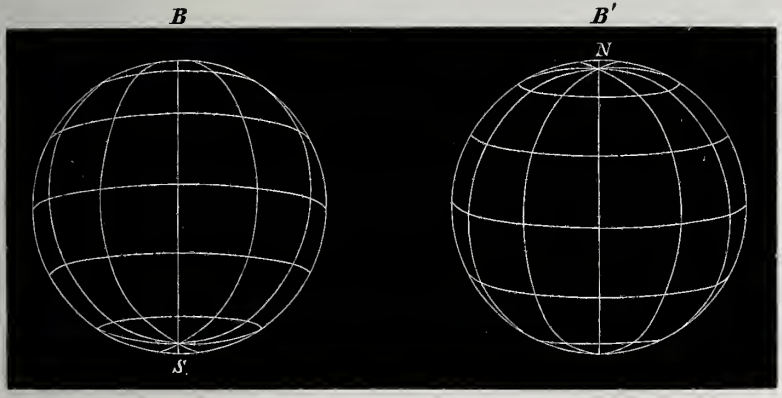


Fig. 47. Libration der Breite.

fernten Perioden aufzunehmender Mondansichten benutzt und genau nach Berechnung verfahren wird; der praktische Versuch lehrt nämlich, dass nicht immer zwei beliebige Mondbilder, welche unter verschiedenen Lagen der Libration aufgenommen wurden, einen richtigen stereoskopischen Effekt hervorzubringen im Stande sind, man vielmehr im Voraus durch Berechnung die Epochen der Libration zu finden hat, an welchen die beiden zur Herstellung eines stereoskopischen Bildes nothwendigen Photographien aufgenommen werden müssen.

Unsere Figuren 46 und 47 zeigen schematische Darstellungen der Mondschwankungen nach Ost und West, nach Nord und Süd. In Fig. 46 A sehen wir bei L ein Stück von der uns abgewendeten westlichen Seite des Mondes infolge der Längenlibration hervorkommen, welches in Fig. A' wieder verschwunden ist, um durch Gegenschwan-

kung ein Stück der hinteren Ostseite (*k*) zum Vorschein kommen zu lassen. In Fig. 47 ist die Breitenlibration schematisch dargestellt, bei welcher zu Zeiten der Südpol *S* (*B*), zu Zeiten der Nordpol *N* (*B'*) uns mehr zugekehrt ist.

In Figur 48 sind beide Verhältnisse zu einem stereoskopischen Bilde verwerthet, dessen Original wir wiederum Rutherfurd verdanken.

Ein weiterer Vortheil photographischer Mondaufnahmen liegt in dem schon oben erwähnten Umstande, dass Theile des Mondes, welche in optischer Beziehung gleich hell sind, keineswegs in chemischer Beziehung analoge Wirksamkeit äussern. Daher korrespondiren nicht

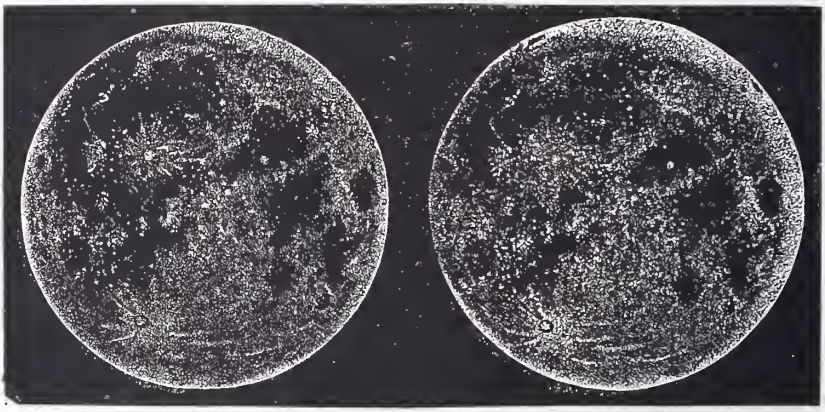


Fig. 48. Rutherfurd's stereoskopisches Doppelbild des Mondes.

in allen Fällen Licht und Schatten des photographischen Produkts in ihrer Intensität genau mit Licht und Schatten des optischen Bildes: daher macht die Photographie oft Einzelheiten sichtbar, welche der optischen Beobachtung sich entziehen. So z. B. reflektiren gewisse Mondgegenden, welche wahrscheinlich eine von einander verschiedene Zusammensetzung haben, die chemischen Strahlen je nach ihrer Natur mit grösserer oder geringerer Wirksamkeit, und verspricht daher die Anwendung der Photographie auch in dieser Richtung eine reiche Ausbeute. An manchen Stellen bringt die Mondoberfläche erst ganz allmählich photographische Eindrücke hervor und verlangt eine 5 bis 6 Mal grössere Expositionszeit als an anderen Theilen, welche anscheinend nicht heller, aber günstiger beleuchtet sind. Der Berggipfel im Mittelpunkt des Mondgebirges Tycho, welcher nach den

aus den Längen der Schatten ermittelten Höhenmassen ungefähr eine englische Meile hoch ist, und welcher in unseren Rutherfurd'schen photographischen Abbildungen (Fig. 48) unten links von den Medianlinien der Bilder zu sehen ist, erscheint in allen Photographien sehr

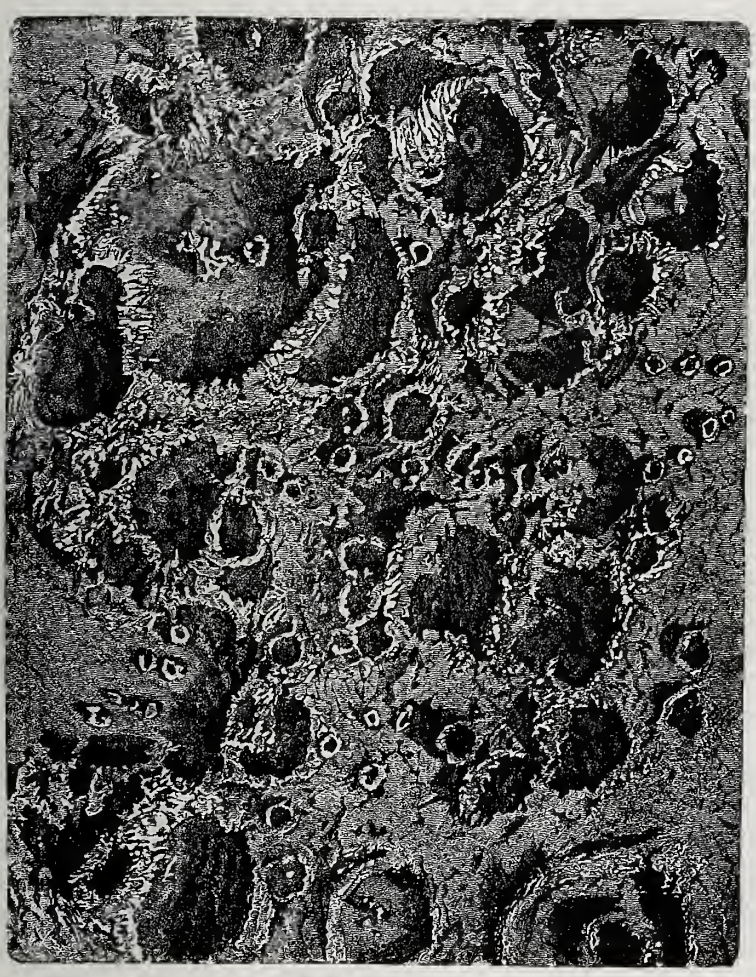


Fig. 49. Das Ringgebirge Tycho (nach Nasmyth).

deutlich, und es werden die Details im Innern des Kraters sehr gut unterschieden (Tafel I Fig. 5 und 6).

Der Berggipfel des Tycho (Fig. 49) scheint der Zentralpunkt einer enormen Mondrevolution gewesen zu sein, welche die Mondrinde fast über die ganze sichtbare Oberfläche aufbrach, indem viele strahlende

Linien nach jenem ausgestorbenen Vulkane konvergiren. Ueber diese merkwürdigen Linien sind verschiedene Hypothesen aufgestellt worden. Wenn man einige Reihen von Photographien, die unter verschiedenen Beleuchtungsverhältnissen aufgenommen wurden, genau prüft, so überzeugt man sich leicht, besonders bei Anwendung eines Stereoskops, dass jene Linien von Furchen in der Mondoberfläche herrühren. In einigen Fällen sind diese Furchen oder Rillen von Kratern unterbrochen, welche sich in einer folgenden Periode wohl gebildet haben müssen; in anderen Fällen hat die Rille den Krater verschoben, welcher daher früher existirt haben muss.

Eine sehr bemerkenswerthe Rille, die sich in einer Breite von circa $12^1/_2$ Meilen vom Tycho aus über den 45 sten Mondbreitegrad in nordöstlicher Richtung erstreckt, ist die tiefste auf der ganzen Mondoberfläche. Der östliche Theil dieser Furche begrenzt den Berg Heinsius und der westliche Streifen dehnt sich bis zum Berge Euklides aus, wo die Furche sehr seicht wird, aber fast bis zum Berg Kepler verfolgt werden kann.

Eine andere sehr helle Furche läuft vom Tycho in langer nordwestlicher Richtung und erstreckt sich über 100 Breitegrade weit durch die Berge Menelaus und Bessel in das Mare Serenitatis; sie zieht dann an der Spitze eines Vorgebirgs vorbei bis zum Lacus somniorum, wo sie von einer anderen Furche gekreuzt wird, welche sich tangentenförmig zu den sog. Apenninen begiebt. Die Kreuzung dieser Streifen entspricht der Form des Buchstaben X und deutet die Kreuzungsstelle auf einen anderen Eruptionspunkt im 25. Grad nördlicher Breite und im 24. Grad westlicher Länge. Eine weitere Furche, welche vom Tycho ausgeht, erstreckt sich durch den Krater Plana hindurch, lässt den Krater Burg unberührt östlich liegen und endigt im Süden des Berges Strabo auf dem 60. Grad nördlicher Breite und 45. Grad westlicher Länge.

Nicht nur das Netzwerk der strahligen Linien auf der Oberfläche des Mondes, sondern auch die Terrassen in den inneren Wänden jener wunderbaren Vulkane, die doppelten Zentralkegel und die Krümmungen der Kraterböden erscheinen in kräftigen Umrissen auf unseren photographischen Bildern. So gehören die Abbildungen des Apenninischen Bergrückens zu den schönsten Erfolgen der Mondphotographie. Es werden mannichfache Einzelheiten in Bezug auf Färbung und Form in jenen ungeheueren Bergrücken deutlich, welche bisher der sorgfältigsten Beobachtung entgangen waren und auf die man nur durch die Photographie aufmerksam geworden ist.

Die vollkommen schwarzen Schlagschatten der Mondberge, welche in der Photographie durch die schärfsten Gegensätze von Licht und Dunkel hervortreten, geben den Beweis, dass überall auf dem Monde wohin die Sonnenstrahlen nicht unmittelbar gelangen, eine bedeutende

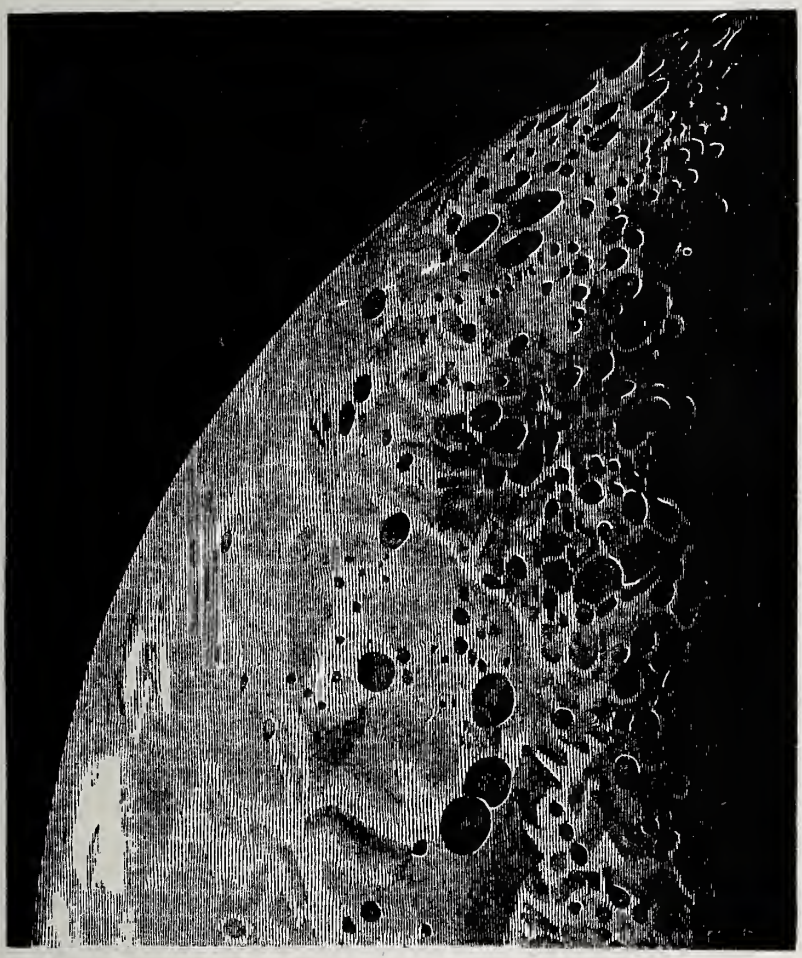


Fig. 50. Ein Stück der Mondsichel.

Dunkelheit herrscht (Fig. 50). Das diffuse Tageslicht, welches von den Schatten irdischer Gegenstände in unser Auge dringt, fehlt im Effekt der Mondphotographien, mithin wohl auch auf dem Monde. Ebenso beweisen die klaren Photographien der Mondoberfläche, dass unser Trabant von keiner der unsrigen einigermassen ähnlichen Atmosphäre umgeben sein kann. Wäre letzteres der Fall, so würde

es kaum denkbar sein, dass die von der Mondoberfläche zu uns kommenden Lichtstrahlen durch einen Dunst- und Luftkreis hindurch nicht verändert werden sollten. Wo kein Dunstkreis ist, kann auch kein Wasser sein, mithin sind die in früherer Zeit als Meere angesehenen und beschriebenen grossen dunkeln Flächen auf der Mondoberfläche keinesfalls für grosse Wassermassen zu halten.

So wird denn die Photographie des Mondes für alle zukünftigen Mondbeobachtungen eine sehr hervorragende Rolle spielen, denn wie Bär und Mädler in ihrem unschätzbaren Werke, woraus wir zum Vergleich mit unseren Mondphotographien ein verkleinertes Mondkartenbild in Fig. 51 beigefügt haben, über den Mond hervorheben, ist es ganz unmöglich, selbst ein nur einigermassen befriedigendes Bild unseres Satelliten in jenen seltenen, kurzen Augenblicken darzustellen, während welcher alle nöthigen Umstände den Zeichner begünstigen. Und Julius Schmidt bemerkt in der Einleitung zu seiner grossen, auf Kosten des kgl. preuss. Unterrichtsministeriums im Jahre 1878 herausgegebenen Mondkarte, an welcher er von 1840 bis 1874 gearbeitet, wörtlich: „Für den Vollmond wird einst die Photographie das Beste leisten. Das unendliche Detail der Abstufungen des Lichtes im Vollmonde wird man niemals auf dem Wege der gewöhnlichen Zeichnung bewältigen." Man hatte früher den Mond unter sehr verschiedenen Lagen zu beobachten Veranlassung genommen, jedes Mass und jede Skizze auf das Mittel reduzirt, bevor an eine Zeichnung gedacht werden konnte; denn nicht nur die Stellung, auch die Gestalt der Objekte auf dem Monde wird durch die aus den Bewegungen des Mondes resultirenden Schattenunterschiede seiner Oberfläche von einem Abend zum andern verändert. Mit der Photographie aber können in einigen Sekunden Bilder des Mondes zu jeder Epoche erhalten werden, und wird der Werth dieser Bilder noch dadurch erhöht, dass bei der Prüfung der Originalnegative mit einem guten Mikroskop immer neue Einzelheiten zu Tage treten, welche in den Kratern und um dieselben herum durch die Vergrösserung sichtbar werden. Es ist die Zahl und die Verschiedenheit der Einzelbilder, welche bei mikroskopischer Betrachtung einer scharfen photographischen Mondlandschaft hervortreten, wahrhaft überwältigend, und geben die nach kleinen Negativen vergrösserten Rutherfurd'schen Mondbilder in allen ihren Einzelheiten immerfort neue Gelegenheit Interessantes zu entdecken.

In den letzten Jahren wurden von Ellery auf der Sternwarte zu Melbourne in Australien mittels eines grossen Spiegelteleskops

vorzügliche Mondphotographien dargestellt, welche nach Mittheilung Warren de la Rue's einen Durchmesser im Original von fast 10 Centimeter besitzen, und hofft dieser Gelehrte, dass man bei geeigneter Behandlungsweise mit dem Melbourner Teleskop Resultate, welche alle bisher erhaltenen Bilder übetreffen, erreichen werde.

Fig. 51. Karte des Mondes.

Ausser den erwähnten Leistungen hat noch Draper in New-York grosse und schöne Photographien des Mondes angefertigt und Mr. Neyt aus Gent auf der Wiener Weltausstellung Mondphotographien zur Anschauung gebracht, welche zwar den Rutherfurd'schen etwas nachstehen, indessen immer noch eine vorzügliche Leistung genannt werden müssen. Neyt arbeitet mit einem Spiegelteleskope, das mit einem versilberten Glas von 9 Zoll versehen ist

und dessen Fokallänge 5 Fuss 9 Zoll beträgt. Das Bild wird mit einem kleinen Prisma seitwärts gespiegelt und durch ein schwach vergrösserndes Okular aufgenommen. Das 25 Millimeter grosse Originalnegativ wird dann auf bekannte Weise vergrössert.

In England wurde für die Mondphotographie in den jüngst verflossenen Jahren ein reges Interesse durch die Publikationen von Nasmyth und Carpenter erweckt. Die genannten Forscher nämlich haben einen Atlas der Mondgeographie herausgegeben, in welchem die Abbildungen theils mit dem Teleskope nach der Natur, theils nach vorzüglich modellirten Reliefs photographisch dargestellt wurden. Die Tafeln sind für eine deutsche Ausgabe (Der Mond, u. s. w. bearbeitet von Dr. H. J. Klein) von der Firma Strumper und Co. in Hamburg in Lichtdrucken vervielfältigt worden.

Ausserdem fertigte der rühmlichst bekannte Optiker Dr. Hugo Schröder, ebenfalls früher in Hamburg, in einem in seinem Atelier eigens zu diesem Zwecke eingerichteten astronomisch-photographischen Observatorium mittels eines grossen Reflektors sehr gelungene Abbildungen des Mondes an. Das Instrument, mit welchem Schröder arbeitete, war aus Metall gefertigt, hatte ein Objektiv aus weissem Glas von 300 Millimeter freier Oeffnung und circa 5 Meter Brennweite. Das ungefähr 45 Millimeter grosse Mondbild wurde von einem aus 4 Linsen bestehenden Vergrösserungsapparat aufgefangen und in der daran befindlichen Kamera in einer unterschiedlichen Grösse von 80—200 Millimeter dargestellt. Zu einem Mondbilde von 100 Millimeter Durchmesser gebrauchte Schröder eine Minute Expositionszeit, und sind nach seinen Angaben bei der kleinsten Dimension schon die Terrassen in den Ringgebirgen, sowie die grösseren Furchen sichtbar. Die Bewegung seines Reflektors, bei welchem das Zusammenwirken sämmtlicher Linsen frei von einer Differenz des optischen und chemischen Fokus ist, wird durch zwei Uhrwerke, von welchen das eine auf die Rektascension, das andere auf die Deklination gleichzeitig wirken, bewerkstelligt. Schröder hat ausser mit Mondphotographien sich auch mit der Darstellung der Sonne, der Planeten, der Fixsterne und der Nebelflecke befasst, und gab die Pflege dieses Zweiges der Wissenschaft durch einen so gewiegten Optiker gegründete Hoffnung zu vorzüglichen künftigen Leistungen. Leider haben sich solche nicht erfüllt, da Dr. Schroeder infolge ungünstiger geschäftlicher Konstellationen sein Atelier und seine erwähnten Studien aufzugeben sich genöthigt sah.

Stein, Das Licht etc. Halle: Verlag v. W. Knapp.

Astronomische Tafel.

Lichtdruck v. Strumper & Co., Hamburg.

4. PHOTOGRAPHISCHE DARSTELLUNG DER STERNE.

a. FIXSTERNE, PLANETEN UND KOMETEN.

Während die photographische Darstellung der Sonne und des Mondes ein objektives Bild der Oberfläche und der Grössendimensionen dieser beiden für unsere Erde bemerkenswerthesten Gestirne bezweckt, haben wir bei photographischen Abbildungen der Fixsterne, und in zweiter Linie der Planeten, hauptsächlich die genauesten astronomischen Messungen der Konstellation mehrerer Gestirne zu einander im Auge. Die bedeutende Kleinheit, womit die Fixsterne, selbst durch die stärksten Teleskope, auf der matten Scheibe der Kamera sich zeigen, lässt eine weitere Verwerthung der Photographie für die Zwecke der Fixstern-Astronomie nicht zu, indem das Bild eines Sternes im Negativ nur als Punkt erscheint, welcher wiederum erst deutlich durch eine gute Lupe zu erkennen ist. Während nun die Fixsterne infolge ihrer grossen Entfernung kein Bild ihrer Oberfläche zurücklassen, hat man — und sind es hier wieder die vorzüglichen Leistungen des englischen Astronomen Warren de la Rue — von verschiedenen Planeten, z. B. vom Jupiter und Saturn, deutliche photographische Abbildungen erlangt. Die enorme Entfernung, welche uns von den Fixsternen trennt, würde selbst mit Hilfe der Photographie für astronomische Messungen kein Resultat bieten, indem für alle Stellen unserer Erde die Lichtstrahlen, welche von einzelnen Fixsternen zur Erde gelangen, parallel erscheinen, wenn wir nicht innerhalb eines Jahres einen Weg von vierzig Millionen Meilen Durchmesser um die Sonne beschrieben, so dass wir nach einem halben Jahre vierzig Millionen Meilen von unserem jetzigen Standpunkt entfernt sind. Aus den Winkeln, welche die beiden von den jeweiligen Stellungen der Erde nach einzelnen Fixsternen gezogenen Linien bilden, hat man die Billionen von Meilen betragende Entfernung der Fixsterne berechnet. Erst Jahrhunderte lang fortgesetzte Beobachtungen haben in dieser Beziehung zu einem Rechnungsresultate geführt, und werden die in den jüngsten Dezennien angefertigten Photographien des Fixsternhimmels in späteren Jahrhunderten künftigen Forschern noch weit positivere Anhaltspunkte zu genauen Vergleichsberechnungen geben.

Von besonderem Interesse ist ferner die Photographie bei der Beobachtung von Doppelsternen. Durch gute Fernrohre bemerkt man, dass an manchen Stellen des Himmels, wo das unbewaffnete Auge nur einen einfachen Stern wahrnimmt, zwei oder mehrere Sterne

beisammen stehen; diese Himmelskörper, deren man jetzt einige Tausende kennt, worunter viele dreifache und mehrfache sich befinden, haben das besondere Interesse der Astronomen in Anspruch genommen. Die neuere Astronomie nämlich hat Herschel's Ansicht bestätigt, dass diese Sternpaare in einer physischen Zusammengehörigkeit stehen und eine gegenseitige Wirkung auf einander ausüben, indem beide Sterne sich um ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkt bewegen. Photographische Abbildungen von Doppelsternen sind von dem leider der Wissenschaft allzu früh entrissenen Astronomen Paschen mit vielem Fleisse dargestellt worden, und bestätigte derselbe, dass die Genauigkeit der photographischen Resultate die Beobachtungen der besten Heliometermessungen übertreffe. Photographische Aufnahmen der Fixsterne wurden, ausser von dem Genannten und von Warren de la Rue, schon vor 20 Jahren von Professor Bond in Amerika, sowie in neuerer Zeit mit grossem Erfolge von dem Astronomen Rutherfurd zu New-York und Professor E. C. Pickering in Cambridge (Ver. St.) vorgenommen. Um die feinen Punkte, welche die Sterne auf der lichtempfindlichen Platte als einziges Bild ihrer Form und Stellung zurücklassen, von den Pünktchen in der Kollodiumschicht zu unterscheiden, bedient sich Rutherfurd einer Doppelaufnahme des Sternbildes, indem er das Fernrohr, welches dem Lauf der Gestirne folgt, eine halbe Minute anhält, schliesst und es dann wieder in Gang setzt und von Neuem exponirt. Auf diese Weise entstehen immer zwei Bilder eines jeden Sternes des Sternbildes neben einander, und es sind mit Leichtigkeit diese Doppelbilder von den einfachen Kollodiumfleckchen zu unterscheiden. Um die Richtung der Sternbewegung von Ost nach West zu markiren, wird das Teleskop während der chemischen Wirkung des Sternlichts von Zeit zu Zeit in seiner Bewegung eingehalten, sodass hellere Sterne, welche eine rasche Wirkung hervorbringen, auf der Platte Streifen beschreiben, welche die Richtung der scheinbaren Sternbewegung anzeigen. Lichtschwächere Sterne nehmen eine längere Expositionszeit in Anspruch und lassen auf der empfindlichen Platte eine etwas breitere, aber undeutlichere Markirung zurück. Diese Wirkung kommt von dem vibrirenden Licht der Sterne her, welches auch auf der Platte während der längeren Expositionszeit durch zitternde Hin- und Herbewegung einen etwas grösseren Eindruck hervorbringt. Es scheint dieses Sternfunkeln von den Bewegungen in unserer Atmosphäre herzurühren. Rutherfurd hat Sterne bis zur neunten Grösse photographisch dargestellt. Erscheinungen am Himmelsgewölbe, welche das unbewaffnete Auge

niemals zu erreichen vermag. In dem Sternhaufen Praesepe hat derselbe auf einem Quadratzoll bei einer Expositionszeit von 3 Minuten 23 Sterne aufgenommen, von welchen einige neunter Grösse sind. In einer Sekunde erhielt er eine sehr gute Photographie des Castor, welchen Stern er einmal sogar in einer halben Sekunde auf die Platte zu bringen im Stande war. Rutherfurd behauptet, mit seinem Objektiv von $11^1/_4$ Zoll Oeffnung alle Objekte, die man am Himmel sehen kann, vorausgesetzt, dass keine atmosphärischen Hindernisse die Lichtwirkung beeinträchtigen, aufnehmen zu können.

Fassen wir die wissenschaftlichen Resultate, welche sich aus den Photographien der Fixsterne ergeben, zusammen, so sind dieselben von hervorragendem Werthe für Sterngruppen, in denen die Sterne dicht beisammen stehen; als Beispiel dienen hier auf der nördlichen Halbkugel besonders die Plejaden, deren gegenseitige Stellungsverhältnisse wohl schon von dem grossen Astronomen Bessel in Königsberg sehr genau vermessen wurden, nunmehr aber aus photographischen Aufnahmen mit Leichtigkeit zu eruiren sind. Auch die Sternbilder und Sterngruppen der südlichen Halbkugel sind vor mehreren Jahren von einem deutschen Gelehrten, Dr. C. Schultz-Sellack, Professor der Physik an der Universität zu Cordoba in Südamerika, photographisch aufgenommen worden. Derselbe hat etwa 30 hervorragende Sterngruppen photographirt, von denen die reichsten 123 Sterne zählen. Die argentinische Regierung unterstützte unseres deutschen Landsmannes Streben in der anerkennenswerthesten Weise, und wurde das Observatorium zu Cordoba durch Anschaffung neuer geeigneter Objektive besonders für die betreffenden photographischen Arbeiten auf Veranlassung des Genannten eingerichtet.

Was die oben erwähnte Photographie der Planeten anbelangt, so sind hier nur ziemlich spärliche Arbeiten zu verzeichnen. Derartige Darstellungen gehören wegen der bedeutenden Lichtschwäche dieser Gestirne zu den schwierigsten Aufgaben in der Astrophotographie. So verlangt z. B. die Photographie des Jupiter mit seinen Bändern, des Saturn mit seinen Ringen und des Mars mit seinen eigenthümlichen Zeichnungen der Oberfläche nicht nur eine ziemlich lange Expositionszeit, sondern auch eine sehr ruhige Atmosphäre. Trotz dieser Schwierigkeiten hat Warren de la Rue sogar stereoskopische Bilder dieser Planeten angefertigt, indem er zwischen den einzelnen Aufnahmen so viel Zeit verstreichen liess, als einer Rotation des Planeten von 30 Graden entsprach. Weitere bezügliche Leistungen jedoch sind nicht bekannt geworden.

An ein Photographiren der Nebelflecke und Kometen war erst mit der Entdeckung eines viel empfindlicheren Verfahrens, als es das nasse oder gewöhnliche trockene ist, zu denken. Diese Aufgabe ist nun durch die Bromsilber-Gelatine-Trockenplatten in erfreulichster Weise gelöst worden.

Professor Henry Draper in New-York war der Erste, dem es am 30. September 1880 gelang, den Orion-Nebel photographisch zu fixiren. Sein Instrument war ein Refraktor von Clark mit 11 Zoll Oeffnung und Uhrwerk; die Expositionszeit betrug 51 Minuten. Die Aufnahme zeigte die hellsten Parthieen in der Nähe des bekannten Trapezes und liess deutlich die Lichtabstufung derselben erkennen. Im März des Jahres 1881 nahm Draper eine grössere Anzahl von Photographien dieses Objektes auf, unter denen die beste am 11. März bei einer Expositionsdauer von 104 Minuten gelang und einen bemerkenswerthen Fortschritt bekundete. Endlich gelang am 14. März 1882 das treffliche Negativ, welches in der Monographie des Orion-Nebels von Professor Holden reproduzirt ist. (Monograph of the central parts of the Nebula of Orion by Edward S. Holden, Washington 1882, pag. 226). Obwohl Gelatine-Platten angewandt worden, dauerte die Expositionszeit doch 2 Stunden und 17 Minuten. Das Bild zeigt aber auch Sterne bis zur 14. Grösse. Holden bespricht den wissenschaftlichen Werth dieser Photographie, nachdem er die sämmtlichen Zeichnungen und Beschreibungen dieses hochinteressanten Objektes, vom Jahre 1656 bis zur Jetztzeit, diskutirt hatte, bezeichnet die Bond'sche Zeichnung und Beobachtung von 1859 bis 1863 als die entschieden beste und kommt doch zu dem Resultate, dass Draper's Aufnahme für fast alle Zwecke unvergleichlich besser sei als jenes Bild. Mit Draper's 11-zölligem Refraktor würde man als äusserste Grenze noch Sterne 14,4 Grösse der Argelander'schen Skala sehen. Die photolithographische Reproduktion des erwähnten Negativs zeigt alle Sterne bis zur 12,0 Grösse des Bond'schen Orion-Sternverzeichnisses mit grosser Deutlichkeit und auch Sterne von 13,9 Grösse. Einige dieser Sterne, die schon von Bond als veränderlich bezeichnet worden, sind in der Photographie durch geringere oder grössere Helligkeit zu erkennen, und man gewinnt hieraus sofort die Überzeugung, dass die Photographie noch werthvolle Dienste zur Auffindung von veränderlichen Sternen leisten wird. Indem Holden die Details des photographirten Nebels eingehend prüft und die relativen Helligkeiten der einzelnen Theile mit seinen eigenen photometrischen Messungen vergleicht, findet er völlige Übereinstimmung mit denselben und erhebt zur Evidenz die Veränderlich-

keit gewisser Parthien dieses Nebels. Durch diese Photographie sieht er die mühevollen Beobachtungen von Lord Rosse, Bond und Lassell, welche man theilweise als subjektive Wahrnehmungen aufzufassen geneigt war, bestätigt. — Von demselben Nebel fertigte auch Ainslie Common in London, welcher daselbst ein grossartiges Privatobservatorium besitzt, am 30. Januar 1883 mit einem Spiegelteleskop von 0,91 Meter Oeffnung ein treffliches Bild in 37 Minuten an. Derselbe setzt diese Aufnahmen fortlaufend fort, um eine Basis der Vergleichung für künftige Zeiten zu schaffen, und ist bereits in der Lage, einzelne Sterne des Nebels als neue veränderliche zu bezeichnen. Als Anerkennung dieser Leistungen auf dem Gebiete der astronomischen Photographien wurde demselben von der Royal Astronomical Society Anfang 1884 deren goldene Medaille verliehen.

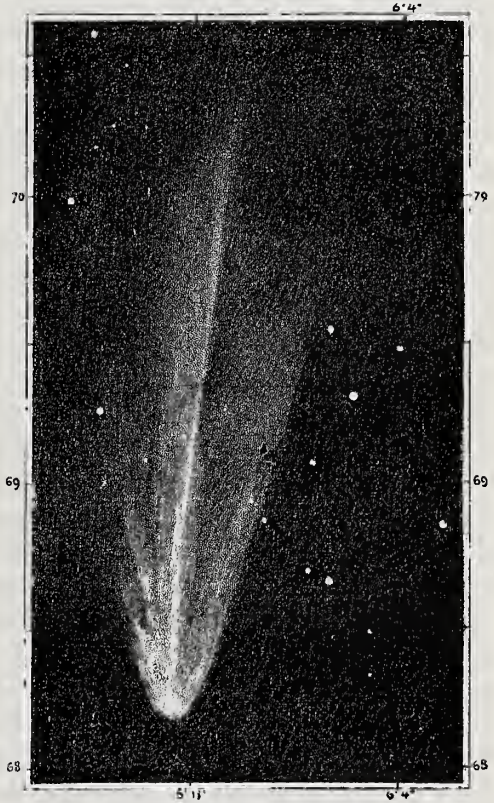


Fig. 52. Juni-Komet von 1881.
(Photographirt von Janssen.)

Was endlich die Kometenphotographie betrifft, so ist sie bereits an dem grossen Donatischen Kometen des Jahres 1858 von Warren de la Rue versucht worden, doch ohne Erfolg. Während die schmale Mondsichel in der Morgendämmerung des 2. Oktober 1858 bei 30 Sekunden Expositionsdauer ein gutes Bild gab, konnte vom Kometen in 5 Zeitminuten nichts erhalten werden. — Die erste Kometenphotographie glückte dem französischen Astronomen Janssen zu Meudon bei Paris an dem grossen Junikometen des Jahres 1881, indem dieser Gelatine-Platten anwandte und eine halbe Stunde exponirte. Das Bild zeigte eine Schweiflänge von $2^1/_2$ Grad und war

dadurch interessant geworden, dass es eine von der optischen völlig verschiedene Lichtvertheilung im Schweife aufwies. Hiernach war es auch beim grossen September-Kometen des Jahres 1882, welcher zur Perihelzeit auf der südlichen Hemisphäre selbst am Tage in unmittelbarer Nähe der Sonne beobachtet werden konnte, zu erwarten, dass bei diesem ebenfalls der Versuch einer photographischen Fixirung gemacht würde. In der That hatte Gill, der gegenwärtige Direktor der Sternwarte am Kap der guten Hoffnung und frühere Astronom an der Privatsternwarte des Lord Lindsay in Schottland, diesen Kometen in der Zeit vom 19. Oktober bis 14. November 1882 photographirt und ein glänzendes Resultat erzielt, bei welchem die Einfachheit der angewandten Mittel überrascht. Gill benützte ein gewöhnliches Linsensystem von $2^1/_2$ Zoll Oeffnung und 11 Zoll Brennweite für Portraitaufnahmen und brachte dieses an der Aequiliberseite eines mit Uhrwerk versehenen Aequatoreales an. Um jede Unexaktheit des Uhrwerkes zu eliminiren und auf die Eigenbewegung des Kometen Rücksicht zu nehmen, wurde beständig der Kometenkern am Kreuzungspunkte des Fadennetzes im Aequatoreal-Fernrohr durch Benützung des Rektascensions- und Deklinations-Schlüssels erhalten. Die Expositionszeiten betrugen 30 bis 140 Minuten. Die Bilder zeigen den Komet und sämmtliche Sterne, welche in den Katalogen von Lalande und Stone enthalten sind und noch mehr bis zur 9ten Grösse mit seltener Klarheit. Im Schweife des Kometen allein sind mehr als 50 Sterne deutlich zu sehen. Nur am Rande der Bilder erscheinen die Sterne im Durchmesser verbreitert, was an der Verzeichnung des Portraitapparates liegt und durch Anwendung grösserer Brennweite zu beheben ist. Gill knüpft an diese Aufnahme die Bemerkung, dass er nun nicht mehr an der Möglichkeit zweifle, Sternkarten direkt vom Himmel auf photographischem Wege zu erlangen. Admiral Mouchez, der Direktor der Pariser Sternwarte, erklärt diese Gill'schen Photographien als die schönsten, welche bislang an die Pariser Akademie eingesandt worden, und es ist bemerkenswerth, dass dieser Erfolg von einem namhaften Fachastronomen erreicht worden, dem sonst das Gebiet der astronomischen Photographie fern gelegen. Die weiteren Anforderungen, welche an die in der messenden Astronomie, insbesondere bei Venusvorübergängen gebräuchlichen photographischen Apparate gestellt werden müssen, sind in dem klassischen Werke des Professor Weinek, Direktors der Sternwarte zu Prag, betitelt: „Die Photographie in der messenden Astronomie, insbesondere bei Venusvorübergängen", angegeben. (Enthalten in den Nova acta der

kaiserlichen deutschen Leopoldinisch-Karolinischen Akademie der Naturforscher, Band XLI, Abth. I, No. 2.) Weinek beschreibt darin die für photographische Zwecke geeignetsten astronomischen Instrumente und erörtert alle Fragen, welche in der messenden astronomischen Photographie in Betracht kommen, insbesondere vom Standpunkte der Anforderungen bei den Venusvorübergängen und mit Rücksicht auf die für den Venusvorübergang vom Jahre 1882 seiner Zeit getroffenen Entscheidungen. Das Buch enthält eine Uebersicht der auf dem erwähnten Gebiete geleisteten und eventuell noch zu leistenden Arbeit.

Eine manchmal nicht unerhebliche Störung für die Messung der gegenseitigen Sternkonstellationen wird auf der photographischen Platte durch die Minimal-Zusammenziehung beim Trocknen der Kollodiumhaut bedingt und haben Paschen und Rutherfurd, welche spezielle bezügliche Untersuchungen anstellten, sehr erheblich von einander abweichende Resultate erhalten. Während Paschen eine Zusammenziehung von $^1/_{1523}$ bis $^1/_{2123}$ gefunden zu haben glaubte, giebt Rutherfurd die Schrumpfung des Kollodiumhäutchens nur auf etwa $^1/_{28230}$ bis $^1/_{48000}$ an.

Die Ursache der Zusammenziehung fand Rutherfurd in der Abkühlung der Glasplatte, einer Folge der Verdunstung des Kollodiumäthers; zu einer Differenz von $^1/_{28230}$ sei nur eine Temperaturveränderung von 4 Grad Fahrenheit nöthig. Rutherfurd hat seine Messungen auf nahezu dreissig Platten an Aufnahmen der Plejadengruppe, die zu sehr verschiedenen Zeiten gemacht worden waren und welche in einem Bogen von 80 Minuten gegen 78 Sterne enthielten, ferner an Aufnahmen der Perseusgruppe, welche 34 Sterne auf jeder Platte zeigten, dann auf vielen Platten der Oriongruppe und der Cassiopea, ausgeführt. Da das Vertrauen in die Zuverlässigkeit der photographischen Messungsmethoden durch die Differenz der Versuche zweier so bedeutender Forscher, wie Paschen und Rutherfurd, erheblich erschüttert wurde, unternahm es Professor Vogel zu Berlin, jene Differenzen nochmals eingehend zu prüfen, und sprechen seine Versuche zu Gunsten der Rutherfurd'schen Ansichten, mithin für die Zuverlässigkeit der astronomischen Messungen auf photographischen Platten.*)

*) Vgl. Weinek's Darstellung p. 99—116 in „Weinek, Die Photographie in der messenden Astronomie, insbesondere bei Venusvorübergängen, Halle 1879“ und dessen bezügl. Messungen.

Nach Professor Vogel's damaligen Untersuchungen lässt sich diese erhebliche Differenz nur durch die Annahme erklären, dass die verschiedenen im Handel vorkommenden Kollodiumsorten verschiedene Kontraktionsfähigkeit besitzen. Es ist leicht zu verstehen, von welcher Wichtigkeit diese Störungen für die Berechnung der Sternkonstellationen auf Photographien sind, da auf denselben eine Linie Entfernung Millionen von Meilen bedeuten kann. Um die Zusammenziehung der Kollodiumhaut zu erkennen, wählte Vogel, nach eigener Angabe in den „photographischen Mittheilungen", folgendes Verfahren:

„Auf einer ebenen Glasplatte von 10 Centimeter Länge wurde mittels eines Diamants ein Netz sich rechtwinklig kreuzender Linien gezogen und diese mit Zahlen bezeichnet. Unter dieser Netzplatte wurde die zu prüfende Kollodiumhaut direkt belichtet, nasse Platten in der Art, dass die Netzplatte darauf gedeckt wurde, unter Zwischenlage von zwei feinen Streifen Briefpapier. Diese Zwischenlage ist so dünn, dass die Striche noch vollkommen scharf kopiren. Es ist jedoch nöthig, die Platte vor der Belichtung behufs Ablaufens der Flüssigkeit 4—5 Minuten stehen zu lassen. Das Belichten wurde vorgenommen durch Oeffnen und Schliessen des Fensters einer Dunkelkammer, während die Platten in einer Entfernung von circa zehn Fuss in senkrechter Richtung parallel der Fensteröffnung gehalten wurden. Die belichtete Platte wurde entwickelt, theils mit Eisenvitriollösung, theils mit Pyrogallussäure, theils alkalisch (bei Trockenplatten), ebenso wurden verschiedene Fixagen (Fixirnatron und Cyankalium) in Anwendung gebracht, kurz die verschiedensten Umstände, wie solche in der Praxis eintreten können, in Rechnung gezogen. Um die Zusammenziehung zu prüfen, wurden die Platten im trockenen Zustande mit der Netzplatte zusammengelegt und im durchfallenden Lichte betrachtet. Es war leicht, durch passende Verschiebung einige der kopirten Striche mit den Originalstrichen in Koinzidenz zu bringen. Hatte eine Verziehung stattgefunden, so stellte sich diese dann dadurch heraus, dass die übrigen Striche nicht genau koinzidirten. Nun konnte diese Verziehung auch leicht taxirt werden. Zu dem Zwecke wurden die Platten bei 25facher Vergrösserung unter dem Mikroskop geprüft. Bei dieser Vergrössernng war ein Abstand der Striche von einander, der $^1/_{50}$ Millimeter betrug, noch sehr leicht zu taxiren. Daraus aber lässt sich die Gesammtverziehung sehr leicht berechnen. Fallen z. B. die beiden Striche an dem einen Rande der Platte zusammen, und sind die gegenüberliegenden 90 Millimeter weit

davon befindlichen Striche um $^1/_{50}$ Millimeter getrennt, so ist die Zusammenziehung $= {}^1/_{50} : 90 = {}^1/_{4500}$."

Um solche Verziehungen zu vermeiden, ist eine Uebergiessung der Glasplatte vor der Kollodionirung mittels Albumin vorzunehmen, wie wir Bd. I Seite 287 angegeben haben, ein Verfahren, das auch Rutherfurd bei allen seinen Arbeiten benutzt. Ausserdem ist auf eine möglichst dünne Kollodiumschicht Rücksicht zu nehmen, indem nach den Vogel'schen Experimenten nur an dicken Kollodiumstellen die Zusammenziehung $^1/_{4500}$ betrug. Statt des Eiweissüberzugs kann man auch eine Kautschuklösung (1 Teil Kautschuk auf 100 Teile Chloroform mit 900 Theilen Benzin verdünnt und filtrirt) anwenden. Man überzieht dann mit der genannten Lösung die polirten Glasplatten, welche sehr rasch trocknen und Schichten von tadelloser Reinheit und ohne bemerkbare Verziehung der Kollodiumhaut abgeben. Bei der Anwendung von Trockenplatten ist besonders darauf zu achten, dass solche nicht mit Gummilösung und dergleichen überzogen sind, da durch derartige Behandlung, wenn die Platten nach der Befeuchtung wieder trocken werden, eine bedeutende Kontraktion entsteht. Der beste Trockenprozess für astronomische Aufnahmen, bei welchen es auf genaue Messungen ankommt, ist nach Vogel der Morphinprozess, welcher keine anderen Chemikalien als der nasse Prozess beansprucht. Die Platte wird nur zum Schluss, nach den bekannten Operationen, mit einer Morphinlösung*) von 1 : 1750 überzogen.

Weinek sagt über diesen wichtigen Punkt: „Ich selbst konnte bei Diskussion des gesammten Materials der 1874er deutschen photographischen Venusexpeditionen nur äusserst geringe Verziehungen konstatiren und fand, indem ich auf einer gewöhnlich präparirten nassen Kollodiumplatte ein Gitternetz abbildete und dieses im feuchten und trockenen Zustande der Platte mass, dass auf derselben proportionale Verziehungen von $^1/_{40000}$ nicht stattfanden d. i., dass eine Länge von 100 Millimeter nachweisbar auf mindestens 0,0025 Millimeter, eine solche von 10 Millimeter auf 0,00025 Millimeter unverändert blieb. Beim Sonnendurchmesser würde dieser Verziehung die Winkelgrösse von 0,05 Bogensekunden entsprechen, eine Grösse, die auch bei optisch-astronomischen Beobachtungen nur schwer zu verbürgen ist. Bei Trockenplatten, also solchen, die im getrockneten Zustande in die Kassette gelegt und dann auf nassem Wege entwickelt

*) Nach den heutigen Fortschritten der phot. Technik ein überwundener Standpunkt! Vgl. Verziehung bei Gelatine-Platten in „Weinek, Die astron. Photographie" pag. 7.

werden, scheinen die Verziehungen grösser zu sein, indem man oft, freilich bei ungeeigneter Behandlung, ein Faltenlegen oder Ablösen der Schicht beobachtet. In dieser Beziehung mussten die sehr empfindlichen Bromsilber-Gelatine-Platten Besorgniss erregen, da gewöhnliche Gelatine (Leimsubstanz) von geringer Beständigkeit ist. Bezügliche Untersuchungen führten in letzterer Zeit Eder und Pizzighelli in Wien aus. Auf einer Glasplatte wurde ein feines Netz mittels des Diamanten geritzt; darunter wurden verschiedenartig präparirte Gelatine-Emulsionsplatten äusserst kurz belichtet und theils mit Pyrogallussäure, theils mit Eisenoxalat entwickelt. Die Kopie des Netzes wurde hierauf durch Messung mit dem Originale verglichen und gefunden, dass bei sämmtlichen Platten keinerlei Ausdehnung, Zusammenziehung oder Verzerrung der Schicht stattfand. Dabei war die Genauigkeit der Messungen eine derartige, dass ein Verziehen der Schicht von $^1/_{6000}$ bemerkt worden wäre. Wenn hiernach die Glasplatte mit der photographischen Schicht sehr stabil erscheint, so ist dies doch keineswegs der Fall bei Uebertragung auf Albuminpapier, da letzteres sich infolge des langen Waschungsprozesses bei 100 Millimeter Länge auf 1 bis 2 Millimeter verzieht, wovon sich Jedermann durch Vergleichung einer grösseren Anzahl von Kopien auf Papier desselben Portraits überzeugen kann. Für astronomische Messungen ist daher die Uebertragung auf Papier ganz zu verwerfen."

Die Wichtigkeit der eben erwähnten Berücksichtigung der lichtempfindlichen Materialien kam besonders bei der jüngsten epochemachenden Anwendung der Photographie auf die astronomische Forschung zur Geltung, nämlich bei den Beobachtungen des Venusdurchgangs in den Jahren 1874 und 1882.

b. DER VENUSDURCHGANG.

Die Venus befindet sich bekanntlich als Abendstern im Osten, als Morgenstern im Westen der Sonne und ist, falls sie nicht sichtbar, durch unmittelbare Nähe der Sonne für das Auge nicht erkennbar.

Die Beobachtung der Venus und des Merkur von der Erde aus ist in Berücksichtigung der Konstellation dieser Gestirne zur Erde eine andere, als diejenige der übrigen Planeten. Beide werden während ihres Kreislaufes zu Zeiten zwischen der Erde und der Sonne sich befinden, stets jedoch von der Erdbahn umschlossen; sie bilden die sogenannten unteren Planeten und ist die Venus, von der Sonne aus gerechnet, der zweite die Sonne umkreisende Stern, während Merkur nach unserer gegenwärtigen Kenntniss der Glieder des Sonnensystems

als erster Planet die Bahn um die Sonne beschreibt. Die Bahn der Venus um die Sonne ist fast kreisrund und ihre Ebene macht mit der Erdbahn einen Winkel von $3^0\ 23'\ 35''$. Diese Bahn durchläuft die Venus in 224 Tagen, 16 Stunden, 49 Minuten und 13 Sekunden.

Würden die Bahnen, in welchen sich die Venus und die Erde bewegen, genau in derselben Ebene sich befinden, so würde jedesmal, wenn die Venus zwischen der Sonne und der Erde hindurchgeht, die Venus, von der Erde aus gesehen, als ein schwarzer Fleck auf der Sonnenscheibe erscheinen. Da jedoch die beiden Bahnen den oben erwähnten Winkel mit einander bilden, so kann jene Beobachtung nur dann gemacht werden, wenn die Venus in der Weise zwischen Sonne und Erde hindurch geht, dass der betreffende Durchgang, zur Zeit der unteren Konjunktion, in nächster Nähe der Knotenlinie stattfindet. (Vgl. Prof. Weinek's Zeichnung auf Seite 79 Figur 55.) Unter Konjunktion versteht man die gegenseitige Stellung zweier Himmelskörper, zufolge welcher dieselben in einer und derselben Richtung von der Erde aus gesehen werden, unter Opposition dagegen die Stellung, bei der, zum Beispiel, die Erde zwischen einem die Sonne umkreisenden Planeten und der Sonne sich befindet. Daher kommt es, dass Venus und Merkur nie in Opposition treten können, weil ihre Bahnen von der Erdbahn umschlossen werden. Treten sie aber im Laufe ihrer Bahnen zwischen die Erde und die Sonne, so kommen sie in ihre untere Konjunktion, welche Stellung die Vornahme der möglichst genauen Berechnung der Sonnenparallaxe gestattet, jenes Winkels, unter welchem vom Mittelpunkte der Sonne aus der Aequatorealhalbmesser der Erde erschiene. Unter der Knotenlinie versteht man die Durchschnittslinie, welche infolge des Durchschneidens der Erdbahnebene mit der Bahnebene der Venus gebildet wird. Die Erde tritt zweimal im Jahre in die Knotenlinie, wenn sie dieselbe im Juni und im Dezember auf ihrer Bahn erreicht und durchschneidet. Die Kreuzungspunkte, welche in der Knotenlinie durch die Kreuzung der Venusbahn mit der Erdbahnebene gebildet werden, nennt man die Knotenpunkte. Wenn die Venus bei ihrer unteren Konjunktion von einem Knoten nicht weiter als 1 Grad und 49 Minuten absteht, so geht sie, wie bemerkt, als schwarzer Fleck vor der Sonnenscheibe vorüber. Der Umstand, dass eine gerade Linie, von der Erde zur Venus gezogen, die Sonne trifft, tritt nur selten ein, und deshalb sind die Vorübergänge derselben vor der Sonnenscheibe ebenfalls selten. Die Durchgänge des Merkur, welcher wegen seines öfteren Umlaufs und seiner geringeren Entfernung von

der Sonne häufiger in eine gerade Linie mit der Erde und der Sonne tritt, kommen öfter zur Beobachtung, als die Venusdurchgänge, eignen sich aber aus später anzuführenden Gründen nicht in so hohem Grade, wie die Venusdurchgänge, zu Messungen der Sonnenparallaxe. Der jüngste Durchgang des Merkur vor der Sonne (Fig. 53) wurde im November der Jahre 1861 und 1868 beobachtet, hat aber zu keinen besonders nennenswerthen Beobachtungen Veranlassung gegeben.

Die Dauer eines derartigen Phänomens hängt theils von der Geschwindigkeit des Planeten und der Erde, theils auch von dem Umstande ab, in welcher Nähe von dem Mittelpunkte der Sonne der Planet vorbeizieht, und führt bei Berücksichtigung dieser Verhältnisse zur Berechnung der Sonnenparallaxe. Hier, wo es sich nur darum handelt, die Grundidee der Methode verständlich zu machen, können wir auf Genaueres, als die folgenden Seiten bieten, nicht eingehen.

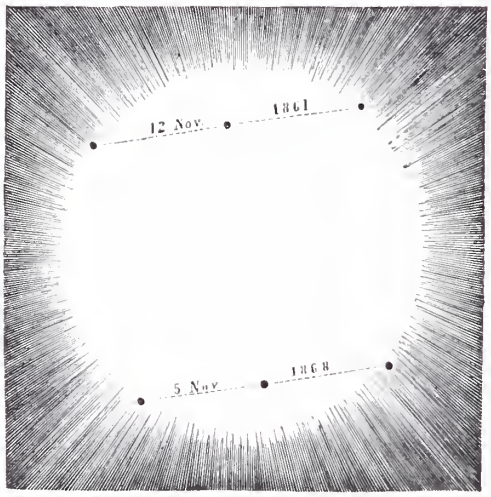


Fig. 53. Durchgang des Merkur vor der Sonne im November der Jahre 1861 und 1868.

Die Versuche, die Entfernungen der Planeten von der Sonne zu messen, gehen in das graue Alterthum zurück und nehmen dort ihren Ursprung. Sie beruhen theils auf trigonometrischen Winkelmessungen, bei welchen man genaue mathematische Berechnungen auf die Basis der Beobachtungen stellte, theils auf dem Verhältniss der Entfernung der Sonne zum Durchmesser der Mondbahn, theils — und diese Methode wurde in neuerer Zeit besonders kultivirt — gab die Geschwindigkeit des Lichtes eine Grundlage zur Berechnung der Sonnenentfernung. Bezügliche Forschungen hatte schon Olaf Römer im Jahre 1675 angestellt. Aber erst aus den Beobachtungen des französischen Physikers Fizeau (1849) ging mit annähernder Genauigkeit hervor, dass das Licht 42218 Meilen in der Sekunde durcheile, und ergab sich daraus eine Entfernung der Erde von der Sonne

von ca. 20560000 Meilen. Der ebenso exakte Forscher Foucault dagegen, welcher auch die Geschwindigkeit des Lichtes zur Basis seiner Berechnungen nahm, fand (im Jahre 1862) nur eine Lichtgeschwindigkeit von 40,160 Meilen, mithin nur eine Entfernung der Sonne von ca. 19533000 Meilen. Die Fizeau'sche Methode ist in neuerer Zeit von Cornu in Paris, die Foucault'sche von Michelsen in Annapolis (Maryland) wiederholt worden. Ersterer fand eine Lichtgeschwindigkeit von 300400, Letzterer von 299944 Kilometern. Die Subtilität dieser direkten Methoden erklärt vollständig die Divergenz der einzelnen Forscher.

Durch Kepler, welcher für die Astronomie in so vielfacher Richtung Unschätzbares geleistet hat, ist ein Gesetz gefunden worden, welches als Grundlage aller neueren Ermittelungsversuche, die Entfernung der Erde von der Sonne zu bestimmen, Geltung hat. Dieses Gesetz lautet: „Die Quadrate der Umlaufzeiten der Planeten verhalten sich wie die dritten Potenzen ihrer Entfernungen von der Sonne.“ Die Umlaufzeiten der Planeten um die Sonne sind jetzt durch direkte Beobachtung und Zeitabmessung mit absoluter Genauigkeit bekannt, und so ist es leicht ersichtlich, dass z. B. aus der Entfernung der Venus von der Erde die Entfernung der Erde von der Sonne abgeleitet werden kann. Solche Verhältnisse bieten die Planeten Merkur und Venus, und eignet sich zu den betreffenden Beobachtungen vornehmlich die Venus, weil sie sich zur Zeit ihrer Vorübergänge vor der Sonnenscheibe der Erde bedeutend mehr als Merkur nähert. Die Beobachtungen eines Venusdurchganges zum Zwecke der Messverwerthung für die Sonnenentfernung müssen von zwei Beobachtern, deren Stationen auf der Erdoberfläche möglichst weit auseinanderliegen, angestellt werden. Denkt man sich von einem dieser Beobachter zu dem andern eine Linie gezogen, so wird dieselbe die Basis eines Dreiecks darstellen, dessen beide in dem zu beobachtenden Gestirne sich kreuzenden Seitenlinien durch die Richtung der Fernrohre der beiden Beobachter bestimmt werden. Aus der Länge der Basis und den, aus der Beobachtung hervorgehenden, Winkeln zwischen den Richtungen zur Venus und der Richtung der Basis berechnet sich leicht die Höhe des Dreiecks, mithin die Entfernung der Venus von der Erde.

Denken wir uns nun in Figur 54 bei E die Erde, in V die Venus und in S die Sonne, so müssen die Fernrohre der beiden Beobachter A und B so gerichtet sein, dass ihre Richtungslinien sich in V schneiden würden. Für beide Beobachter wird die zwischen

Erde und Sonne befindliche Venus auf der Sonnenscheibe eine Sehne durchlaufen; für den Beobachter in A wird die Venus in der Richtung von e nach f, für den Beobachter in B von c nach d sich bewegen. Der Abstand der beiden Sehnen von einander, die Linie ab, wird sich demnach für die verschiedenen Epochen eines Venusdurchganges genau ermessen lassen, und wiederum die Basis eines Dreiecks abgeben, aus welchem die Entfernung der Linie VS sich berechnen lässt, welche zu dem Ergebnisse der Winkelberechnung der Sonnenparallaxe (siehe S. 76) führt, woraus sich die Gesammtentfernung der Sonne von der Erde (SVE) ergiebt. Noch besser wird diese Theorie aus der in Figur 55 ersichtlichen in der Leipziger „Illustrirten Zeitung" s. Zt. veröffentlichten Weinek'schen Zeichnung verständlich.

Der Durchgang der Venus durch die Sonnenscheibe, welcher am 8. Dezember 1874 astronomischen Datums, (am 9. Dez. bürgerlichen

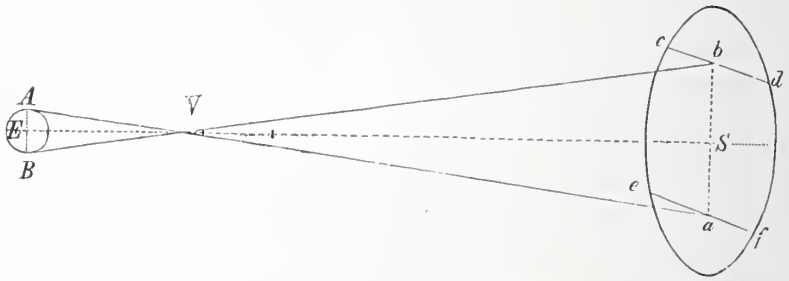


Fig. 54. Berechnungsmethode der Sonnenentfernung von der Erde bei Venusdurchgängen.

Datums) stattfand und sich am 6. Dezember 1882 wiederholt hat. bot die betreffenden Verhältnisse in einer für die Berechnungen so erfolgversprechenden Weise, wie sie wohl für unsere heutigen Werkzeuge und Methoden nicht günstiger sich gestalten konnte. Die Venus trat von Osten her, nahe dem nördlichen Rande, in die Sonnenscheibe ein; die ganze Erscheinung dauerte bis nahe 5 Stunden. Indem die Venus während dieser Zeit durch ihre konjunktionelle Stellung zwischen Sonne und Erde der letzteren ihre unbeleuchtete Seite zukehrte, erschien sie dem Beschauer als schwarze, an der Sonnenscheibe nach und nach vorüberziehende kleine Scheibe von $^1/_{30}$ stel des Sonnendurchmessers. Sichtbar war das Phänomen in Indien, China, Australien, im Indischen und einem Theile des Grossen Ozeans, und im Südpolarmeere, — theilweise sichtbar im östlichen Europa, in Centralafrika und im Süden des Atlantischen Ozeans (Fig. 56).

Die Beobachtungen des Venusdurchganges hat man angestellt: erstens durch die Kontaktmethode, welche darin besteht, den Moment des Eintrittes und des Austrittes genau zu beobachten; zweitens durch die Abmessung der Entfernung des Venusmittelpunktes vom Sonnenmittelpunkte oder, da diese durch Nichts charakterisirt sind, der beiderseitigen Ränder von einander zu verschiedenen Zeiten des Durchganges. Diese Messungen werden mit einem besonders vorzüglichen Fernrohr, welches mit einem genauen Mikrometerapparat versehen

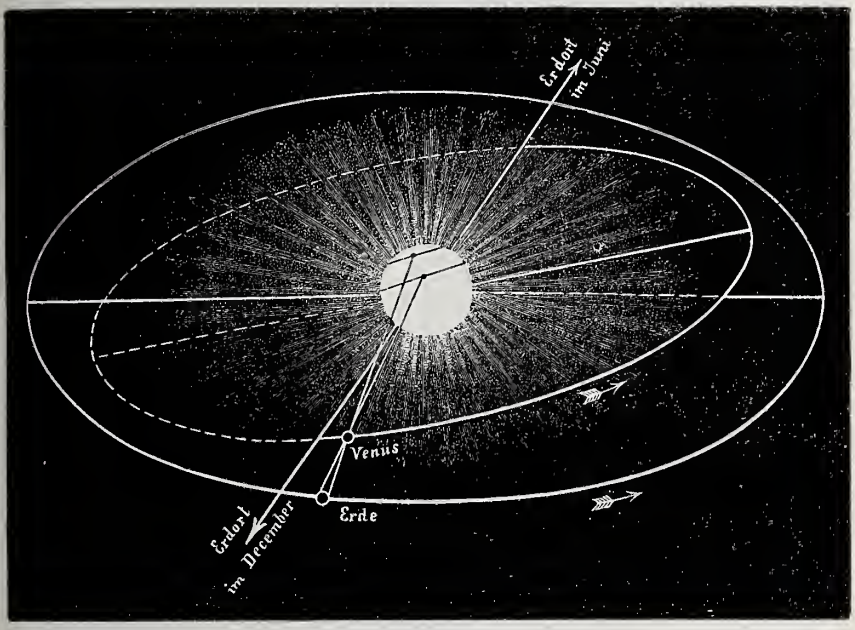


Fig. 55. Bahn der Erde und Venus um die Sonne. Stellung von Erde, Venus und Sonne zur Zeit des Venusvorübergangs am 9. Dez. 1874.

ist, dem sogenannten Heliometer, ausgeführt. Das Heliometer (Fig. 57) besitzt ein Objektiv, welches aus zwei Hälften besteht, die in genau messbarer Richtung aus einander geschoben und wieder genähert werden können. Durch eine Mikrometerschraube werden diese beiden Objektivhälften hin und her bewegt; eine auf dem runden Griff der Schraube oder auf Skalen, die sich mit den beiden Objektivhälften verschieben, angebrachte Theilung lässt die Entfernung der beiden Objektivhälften mit Genauigkeit ablesen. Wird ein solches Fernrohr während des Venusdurchganges nach der Sonne gerichtet,

so kann man jede einzelne der beiden Objektivhälften sowohl auf den Sonnenrand, als auch auf den Venusrand von Minute zu Minute lenken.

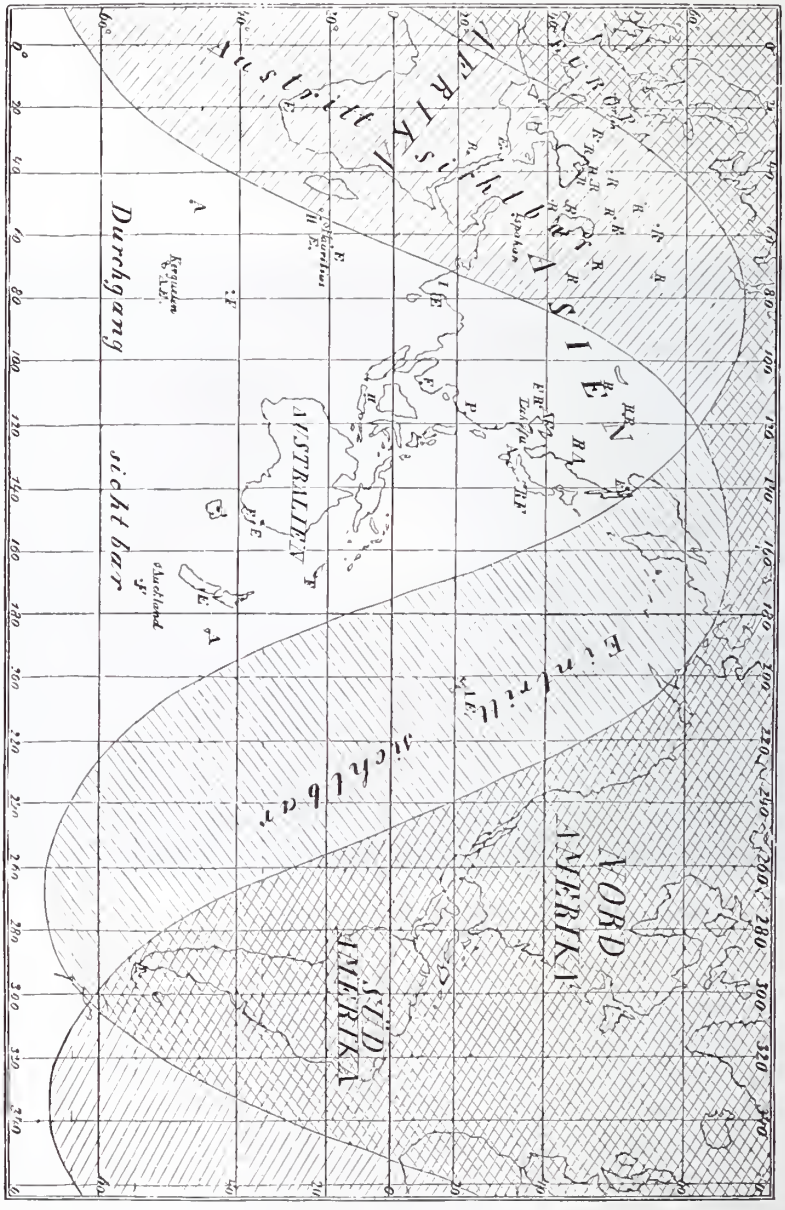


Fig. 56. Geographische Karte der Sichtbarkeit des Venusdurchganges am 8. Dezember 1874.

Es entstehen demnach in dem Gesichtsfelde fortwährend zwei Bilder, sodass man aus der Verschiebung der beiden Objektivhälften die

Entfernung der Venus vom Sonnenrande an der Mikrometerschraube oder an den erwähnten Skalen direkt ablesen kann. Das Verständniss der Abbildung Fig. 57 ergiebt sich aus den im Anfang dieses

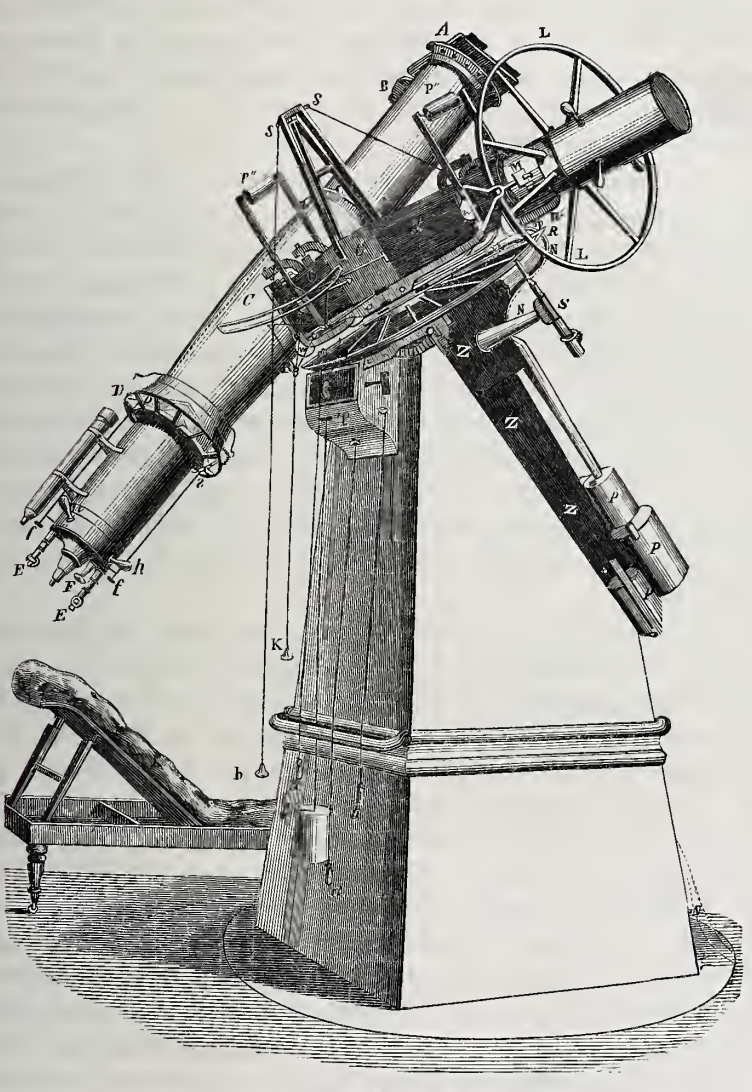


Fig. 57. Heliometer.

Kapitels beschriebenen ähnlichen Instrumenten (vgl. S. 12 ff.); der Deklinations- und Stundenkreis, sowie die angebrachten Gewichtsvorrichtungen zur Balanzirung entsprechen nämlich vollkommen den oben

geschilderten Einrichtungen. Zur Erklärung der vorstehenden Figur bemerken wir nur noch, dass D ein kleines Richtungsteleskop, ein sog. Sucherfernrohr, darstellt, während bei E und E sich die Schraubenvorrichtungen zur Verschiebung der Objektivhälften befinden. In b ist eine Sitzvorrichtung zur bequemen Handhabung des Instrumentes angebracht, welches mit Leichtigkeit an den Zügen b, b, x, d und K regulirt werden kann, ohne dass der Beobachter von seinem Sitz sich zu erheben nöthig hat.

Die dritte und hauptsächlichste Methode der Beobachtung des Venusdurchganges vor der Sonne besteht in Vorrichtungen, welche es ermöglichen, die Sonne mit der Venus von Minute zu Minute in möglichst rascher Aufeinanderfolge direkt zu photographiren; durch die Addition von auf der Sonnenscheibe gewonnenen photographirten Venussorten wird eine Linie, die oben schon angedeutete Sehne durch die Sonnenscheibe, mit Sicherheit gewonnen. Die an verschieden weit von einander entfernten Beobachtungs-Stationen erhaltenen Bilder werden später mit einander verglichen und aus denselben die Berechnung der Entfernungen genau ermittelt, was bei Photographien, gegenüber Heliometermessungen, einen um so höheren Werth hat, als diese Arbeit mit Ruhe und zu jeder beliebigen Zeit vorgenommen werden kann.

Man glaube übrigens nicht, dass die Ausrüstung von Expeditionen erst eine Errungenschaft unseres Jahrhunderts sei. Auf Veranlassung verschiedener europäischer Regierungen hatten sich schon im Jahre 1761 und 1769 viele Gelehrte zur damaligen Beobachtung des Venusdurchganges nach verschiedenen Stationen der Erde begeben; Russland, England, Schweden und Frankreich sandten im Jahre 1761 Expeditionen aus, deren Resultate noch weit grössere Unternehmungen im Jahre 1769 veranlassten. Frankreich entsandte den Abbé Chappe nach Kalifornien, Pingré nach St. Domingo und Le Gentil nach Pondichery. England delegirte mehrere Astronomen nach der Hudsonsbai, nach Madras und nach der Südsee; Russland sandte 8 Expeditionen aus, deren eine der berühmte Mathematiker und Astronom Chr. Euler leitete. Auf Kosten Dänemarks reiste der Wiener Astronom Hell nach dem hohen Norden. Ausserdem hatten sich die Franzosen Dollières und Collas nach China, und der deutsche Astronom Mohr zur Beobachtung des Venusdurchganges nach Batavia begeben. — Die Mangelhaftigkeit der damaligen Instrumente, besonders die Unzuverlässigkeit der Uhren, verschuldete die Unsicherheit des Resultates, sodass die Differenz in den Ansichten von der wirk-

lichen Entfernung der Erde von der Sonne noch immer einige hunderttausend geographische Meilen betragen hat.

Mit rühmlichem Wetteifer haben die bedeutenderen Nationen der heutigen civilisirten Welt eine grosse Anzahl von erfolgreichen Expeditionen im Jahre 1874 ausgerüstet.

Von den 6 Expeditionen, welche allein das Deutsche Reich entsendete, wurden 4 mit photographisch-astronomischen Apparaten versehen und von besonders zu diesem Zwecke ausgebildeten Fachphotographen begleitet. Die photographisch-astronomischen Apparate bestanden in Fernrohren von 2 Meter Fokuslänge, welche in ihrem Brennpunkte ein Sonnenbild von 19 Millimeter zu erzeugen vermochten. Dieses Sonnenbildchen wurde wiederum, mittels eines an dem Fernrohr befestigten Okulars nahe 6 mal vergrössert, auf die matte Scheibe der angefügten kleinen photographischen Kamera obskura geworfen, sodass mit Leichtigkeit und Sicherheit die als schwarze kleine Scheibe sich abzeichnende Venus darauf erkannt werden konnte; an der Stelle der matten Scheibe wurde im Moment der Aufnahme die photographische Platte eingeschaltet.

Die fünf Expeditionen begaben sich theils nach der südlichen, theils nach der nördlichen Hemisphäre. Die aus den Astronomen Dr. Seeliger, Dr. Schur, den Photographen H. Krone und Dr. Wolfram, dem photographischen Gehilfen J. Krone und dem Mechaniker H. Leyser bestehende Expedition reiste unter Begleitung zweier Offiziere der deutschen Marine nach den Aucklands-Inseln, südlich von Neuseeland. Die Astronomen Dr. Börgen, Dr. Weinek, Dr. Wittstein, die Photographen H. Bobzin und Dr. Studer, ferner der Mechaniker Krille bildeten die zweite Expedition, welche auf der Korvette „Gazelle“ die Kerguelen-Insel an der Grenze des Indischen Ozeans gegen das Südliche Eismeer zum Ziele ihrer Forschungsreise genommen hatte. Die dritte Expedition, deren Reise nach der Insel Mauritius im Indischen Ozean führte, bestand aus den Astronomen Dr. Loew, Dr. Pechüle und den Gehilfen Heidorn und Dölter. Dieselbe sollte nur ein kontrolirendes Bindeglied der deutschen Hauptexpeditionen darstellen, indem schon von den Engländern auf Mauritius die umfassendsten Vorkehrungen zur Beobachtung getroffen worden waren. Die vierte Expedition wurde nach Persien und zwar nach Ispahan, der alten Perserhauptstadt, gesandt; Dr. Fritsch (Leiter), Dr. Becker (Astronom), sowie Dr. Stolze und Buchwald (Photographen) bildeten, unter dem Schutze des Schah Nasr-Eddin stehend, deren Personal. Die fünfte Expedition begab sich nach Tschifu

in China, der einzig gewählten Station totaler Sichtbarkeit auf der nördlichen Halbkugel. Dieselbe bestand aus den Doktoren Valentiner, Reimann und Adolf, dem Photographen Kardätz und den Gehilfen Deichmüller und Eschke. Sie reisten bis Shanghai mit einem englischen Postschiffe, um dort durch die deutsche Korvette Arkona und unter deren Schutze und Beihilfe nach Tschifu geleitet zu werden. Eine sechste deutsche Expedition endlich ging im Auftrage der Berliner Akademie der Wissenschaften unter Leitung des Professor Auwers nach Luxor in Oberegypten.

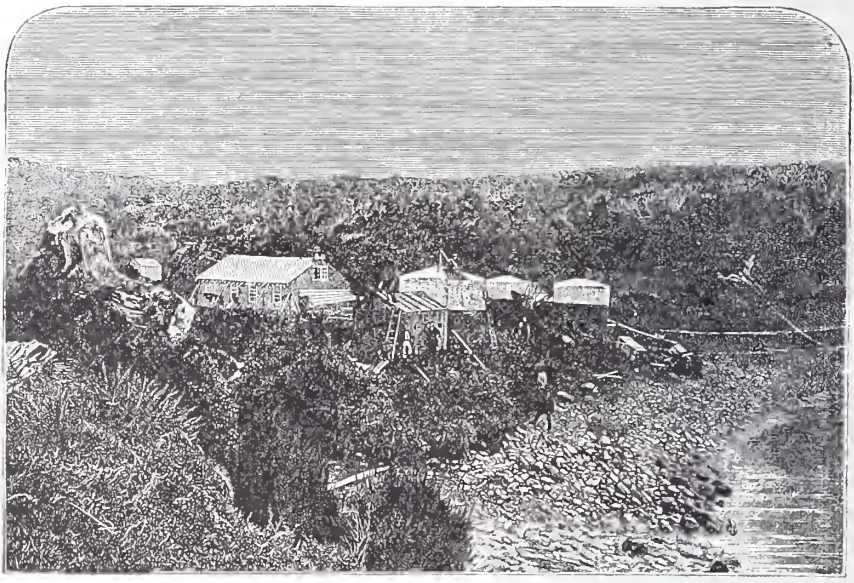


Fig. 58. Stationsgebäude und Observatorium der Venusexpedition auf den Aucklandinseln. (Figuren 58 u. 59 aus H. Krone's Bericht in „Von Fels zum Meer“ 1883, I.)

Die nach Tschifu bestimmte Expedition war am 15. September 1874 wohlbehalten in Bombay angekommen, von wo sie sich über Ceylon und Singapore nach Hongkong und Shanghai begab. Die deutsche Korvette Arkona war schon vorher in Tschifu gewesen, um daselbst den Empfang der Expedition vorzubereiten, welche am 27. Oktober 1874 daselbst anlangte.

Der Photograph der Expedition, Kardätz, schreibt über den Verlauf der Operationen: „Am 9. Dezember, früh 7 Uhr, war Alles auf dem Platze. Baron von Reibnitz, Kommandant der Arkona, welcher an den astronomischen Instrumenten mit beobachtete, sagte: „„Der Platz sieht aus wie das Deck einer Panzerfregatte, welche zum

Gefecht klar gemacht hat.““ Jeder stand auf seinem Posten und harrte voll Erwartung des Zeichens zum Anfangen; eine halbe Stunde vor Beginn des Phänomens machten wir eine Platte, welche zu unserer Zufriedenheit ausfiel. Ungefähr 6 Minuten vorher ertönte das Zeichen; wir verfügten uns in die Dunkelkammer, und von nun an waren wir $4^1/_2$ Stunden von der Aussenwelt abgeschlossen. Alle Schiffe im Hafen hatten geflaggt, sämmtliche Konsulate und viele Privathäuser festlichen Flaggenschmuck angelegt; die Chinesen in der Stadt brannten von früh an Feuerwerk ab und erbaten dadurch gute

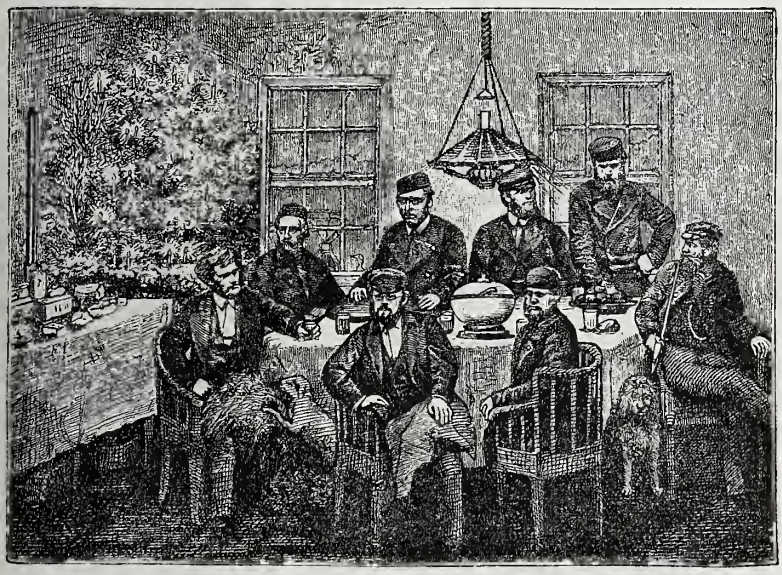


Fig 59. Weihnachtsfeier der deutschen Expedition auf den Aucklandinseln.
Herm. Krone. Johs. Krone. Dr. Wolfram. Lieut. Siegel.
Herm. Leyser. Dr. Schur. Dr. Seeliger. Capt.-Lt. Becks.

Sonne; der Tautei hatte früh Morgens nebst Gefolge die höchste Bergspitze erstiegen, um der Sonne sein Anliegen, recht sehr zu scheinen, aus nächster Nähe anbringen zu können; seine Bitten sind erhört worden, denn wir hatten ungefähr 2 Stunden lang recht klares Wetter.

„Die Arbeit in der Dunkelkammer war folgendermassen eingetheilt. Herr Dr. Boehr kollodionirte und silberte die Platten, und zwar in drei Silberbädern, legte die gesilberte Platte in die Kassette, stellte dieselbe in den als Observatorium dienenden Thurm, ich entnahm die Kassette dem mit dem Thurme verbundenen Wechselkasten, übergab die leere Kassette einem hierzu angelernten Unter-

offizier der Arkona, welcher dieselbe auswischte und sie Herrn Dr. Boehr wieder zur Hand stellte; ich rief alsdann die Platte hervor, spülte sie ab, und erstattete sofort Bericht über Stellung und Exposition des Bildes durch den Wechselkasten in den Thurm hinein. Die hervorgerufenen Platten übergab ich nun Herrn Eschke, welcher dieselben kräftigte, fixirte und nach gehöriger Abspülung fortstellte; wenn die Arbeit an dritter Stelle stockte, so machte ich zwischenher eine Platte vollständig fertig. Auf Platte Nr. 1 konnte selbstverständlich noch nichts von der Venus sichtbar sein, ebenso wenig bei Nr. 2. Bei Nr. 3 sah ich mir schon ganz gehörig den Rand an, konnte jedoch noch nichts Bestimmtes entdecken und lange Zeit zum Ansehen war nicht; obgleich ich eine ganz unbedeutende äussere Berührung zu entdecken glaubte, schwieg ich jedoch; klopfenden Herzens rief ich die 4. Platte hervor, und siehe da, die Venus zeigte schon einen, zwar ganz kleinen, aber deutlich wahrnehmbaren Eintritt in den Sonnenrand, ich konnte, obgleich es nicht erlaubt war, einen Ausdruck der Freude nicht unterdrücken; und nun ging die Arbeit mit grosser Aufmerksamkeit, Ruhe und Besonnenheit, ohne wesentliche Störung von statten. Die Venus ward auf jeder Platte deutlicher, Jeder hatte vollauf mit seiner Funktion zu thun; ungefähr nach zweistündiger Arbeit stockte einmal das Zurückreichen der Kassette mit der exponirten Platte, ich zog durch den Wechselkasten Erkundigungen ein, natürlich beschränkte sich die Erkundigung auf das eine Wort „Kassette?“ und erhielt die in demselben Stil abgefasste Antwort aus dem Munde des Lieutenant Borkenhagen „Wolken“. Dieses eine Wort traf uns in der Dunkelkammer, die von dem, was aussen vorging, keine Ahnung hatten, wie ein Blitz aus heiterem Himmel, wir sahen uns bestürzt an, und das war wohl das einzige Mal, dass wir uns überhaupt während der Zeit des Vorüberganges angesehen haben. Diese Wolke verzog sich jedoch sehr bald und verursachte weiter keine Störung, und obgleich von nun an erst leichter Wolkenschleier eintrat, welcher sich immer mehr gegen Ende des Phänomens verdichtete, so nahm die Arbeit ihren regelmässigen Fortgang. Zu Ende des Phänomens und zwar mit der letzten Platte war es auch vorbei, wie abgeschnitten; der Himmel hüllte sich vollständig in Wolken, der Zweck war jedoch vollkommen erreicht, 115 gute Platten sind in dieser Weise entstanden, wovon die letzte die vollständige Berührung mit dem Sonnenrande zeigt. Es wurden noch weitere Platten in Bereitschaft gehalten, aber sie kamen nicht mehr in Anwendung, da die Sonne nicht wieder vorkam; das Zeichen zum

Aufhören gestattete uns nun, die finstere Kammer zu verlassen, und nun erst merkten wir, welche Atmosphäre sich in der engen Dunkelkammer bei 4 Mann entwickelt hatte. Herr Dr. Boehr war fast von Aetherdämpfen betäubt. Die Freude über das Gelingen des Werkes liess alle ausgestandene Qual vergessen; unter allgemeinem Jubel verliessen wir in Corpore, nachdem die Herren Astronomen noch die nöthigen Beobachtungen gemacht hatten, den Platz und begaben uns, beglückt durch die günstigen Resultate unserer Expedition in die Stadt zurück, woselbst ein allgemeiner Jubel, welcher den eines deutschen Volks- und Freudenfestes annahm, unser Streben belohnte und uns für unsere Mühen entschädigte."

Dr. Weinek, Astronom und Photograph der Expedition nach der unwirthlichen, stürmischen Kerguelen-Insel berichtet uns: „Unter den heftigsten Stürmen strebten wir seit dem 3. Oktober, wo wir das Kap der guten Hoffnung verliessen, unser Ziel, die Kergueleninsel, an, erblickten sie wohl schon am 21. Oktober, konnten aber wegen Nebel und Unwetter erst am 26. Oktober in Betsy-Cove, einer Seitenbucht der Accessible Bay einlaufen. Alle Berge, welche die Bucht einschlossen, erschienen weiss, mit Schnee bedeckt. Kein Strauch, kein Baum erfreute das Auge. Nur kuppenförmige Moose, über welche Tag um Tag die heftigsten Weststürme hinwegfegen, bedecken die wildzerrissene Felseninsel. Bei einer Ausdehnung von 22 deutschen Meilen zeigt sie nur Leben an den Strandklippen, welche von Tausenden von Pinguinen bevölkert und auch häufig von See-Elephanten, die sich träge im Seetang sonnen, aufgesucht werden. Mit dem Tosen der Brandung wetteifert das Geschrei von Hunderten von Möven und Albatrossen, welche vom Sturme gejagt die Luft durchschiessen. Auf diesem trostlosen Fleckchen Erde sollten wir, indem die Erscheinung glücklich beobachtet worden und deshalb noch eine sorgfältige Bestimmung der geographischen Lage der Insel nothwendig schien, volle 3 Monate verbringen. Das Beobachten glich, indem man von einer Wolkenlücke auf die andere lauerte und oft vergeblich 6 bis 7 Stunden am Fernrohr verbrachte, einer beständigen Aufregung; oft war dieses selbst bei klarem Wetter ganz unmöglich. So weist mein Tagebuch bei beabsichtigter Beobachtung des Mondes im Meridian am 22. November die folgende Stelle auf: 'Mond klar, fürchterlicher Sturm. Derselbe löscht die Blendlaternen aus und peitscht Sand in den Raum. Die Schläge des Chronometers, der am Pfeiler des Instrumentes nächst dem Ohre steht, sind kaum zu hören. Die offene Klappe droht jeden Augenblick in den Angeln abgebrochen

zu werden. Beobachtung unmöglich.' In der That, ein solcher Sturm während der Erscheinung und die gesammten Resultate der Expedition wären in Frage gestellt gewesen! Doch wir wurden über alles Erwarten vom Glücke begünstigt.

Noch am Abend des 8. Dez. regnete es; am 9., dem Tage des Durchganges, ging die Sonne klar und freundlich auf. In der Luft herrschte auffallende Ruhe. Der Eintritt der Venus in die Sonnenscheibe sollte kurz nach $6^1/_2$ Uhr Morgens, der Austritt um 11 Uhr erfolgen. Mehrere Minuten vor der berechneten Zeit, die ja nicht genau sein konnte, weil sie mit Hilfe jener Grösse ermittelt worden,

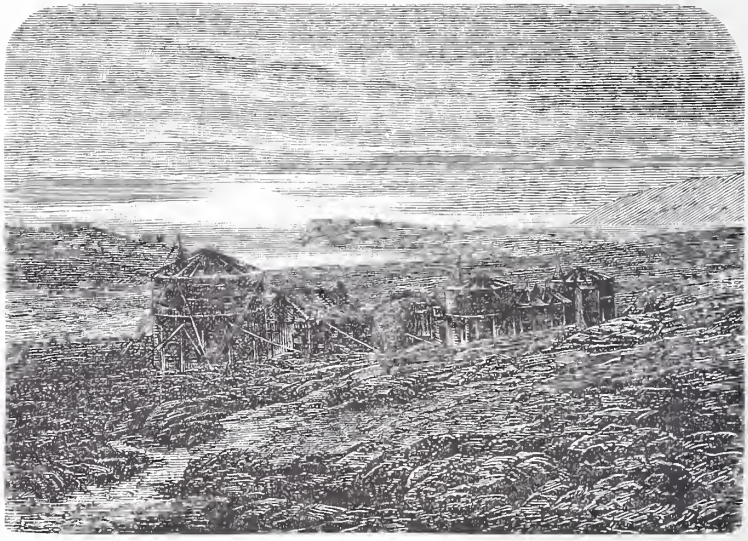


Fig. 60. Observatorium und Nebengebäude der Venusexpedition auf Kerguelen. (Originalzeichnung von Dr. Weinek. Infolge direkter Uebertragung der Zeichnung auf den Holzstock erscheint solche im Abdruck als Spiegelbild!)

welche erst durch die Beobachtung des Venusdurchganges scharf bestimmt werden sollte, d. i. mit der Entfernung der Sonne von der Erde, eilte Jeder an seinen Posten, die Astronomen an ihre Fernrohre, die Photographen in die Dunkelkammer. Mittlerweile hatte sich der Himmel mit einem dichten, weissen Wolkenschleier bedeckt; auch stand im Westen über den schneebedeckten Bergen dunkleres Gewölk, von welchem sich tiefer ziehende Nebel loslösten und in der Richtung zur Sonne hintrieben. Die Sorge, dass das ganze Gewölk heraufkommen würde, ging glücklicher Weise nicht in Erfüllung, und die Venus begann in deutlicher Begrenzung sich in die Sonne hineinzuschieben. Sie noch ausserhalb der Sonnenscheibe wahrzunehmen, gelang nicht, da dafür das Wetter doch zu ungünstig gewesen.

Deshalb erwarteten wir mit desto grösserer Spannung die zweite oder innere Berührung beider Ränder; denn war diese wenigstens gelungen, so konnten wir uns sagen, nicht umsonst in diese unwirthlichen Gegenden gegangen zu sein. Schon nähert sich der kritische Moment, man blickt nochmals nach dem tickenden Chronometer, um die in Gedanken fortgezählte Sekunde zu kontrolliren und verfolgt nunmehr mit grösster Aufmerksamkeit den Verlauf des Phänomens. Schon scheint sich die Venus vom Rande loslösen zu wollen, noch bildet sie eine schwarze Brücke zu diesem, dieselbe wird dünner und endlich reisst sie entzwei. Dies ist der zu beachtende Moment. Zu unserer Freude hatten wir ihn fixirt. Während nun die Venus frei in der Sonne steht, ist die Arbeit eine andere. Es geschehen Abstandsmessungen derselben vom Sonnenrande, theils auf rein astronomischem, theils auf photographischem Wege. Wir erhielten im Ganzen 61 Sonnenbilder und hätten vielleicht die doppelte Zahl von Platten erreicht, wenn nicht in der zweiten Hälfte der Erscheinung sich das Wetter bedeutend verschlechtert hätte, so dass die Gegenstände kaum mehr einen Schatten warfen. Doch waren wir auch mit dem Erhaltenen zufrieden, da noch die Beobachtung der Zeit des Austrittes der Venus vollständig gelang. Jetzt erst, nach dieser vierstündigen anstrengenden Arbeit, die der Eine in grösserer, der Andere in geringerer Aufregung vollbracht, hatte die Expedition Bedeutung erlangt und wir konnten uns gegenseitig zum Erfolge gratuliren.

Kaum, dass der 9. Dez. vorüber gewesen, trat wieder trübes, stürmisches Wetter ein, so dass ich bis zum 19. Dez. auf einen Sonnenblick warten musste, um die Untersuchungen an der Sonne vollenden zu können. Nachdem wir noch eine entsagungsvolle Zeit zur erwähnten geographischen Ortsbestimmung auf Kerguelen verbracht und das Herannahen des arktischen Herbstes mit seinen häufigen Schneestürmen unsere bislang arg getäuschten Hoffnungen nicht mehr zu beleben vermochte, brachen wir am 30. Januar 1875 unser kleines Dorf ab und bezogen in freudigster Empfindung wieder die alten Kammern der „Gazelle", da es nun hiess: Nach der Heimath! Bald sollten wir auch wieder Nachrichten aus ihr erhalten, welche uns seit der Kapstadt gänzlich gefehlt. Nach abermals stürmischer Fahrt erscholl endlich am 25. Februar der Ruf: Mauritius in Sicht und ich erinnere mich lebhaft, wie damals Alles an Deck stürzte, um wieder einmal Bäume und Wohnstätten des Menschen zu sehen. Hier verliess uns die heimathliche „Gazelle" für ihre Reise um die Erde, während wir uns auf dem französischen Dampfer „Tibre" der

Messageries maritimes einmietheten und auf dem Wege östlich von Afrika durch den Suez-Kanal und das mittelländische Meer Marseille anstrebten, welche Stadt wir am 31. März glücklich erreichten."

Was die wissenschaftlichen Resultate der deutschen sowohl als der ausserdeutschen Expeditionen anlangt, so dürften zu deren Verwerthung noch mehrere Jahre des Rechnens und der vergleichenden Beobachtung in Anspruch genommen werden. Bis jetzt ist selbst von den gewonnenen Photographien noch wenig Unbetheiligten ein Abdruck zu Gesicht gekommen, und hält man, um eine gegenseitige Annäherung der Resultate zu vermeiden, die Errungenschaften der einzelnen Expeditionen mit begründeter Aengstlichkeit geheim, bis alle Arbeiten vollendet, und das Gesammtresultat des grossen Unternehmens, die genaue Berechnung der Sonnenparallaxe, verkündet werden wird.

Wir verdanken der Güte des verst. Professor Dr. C. Bruhns, Direktors der Sternwarte zu Leipzig, das photographirte Originalbild zu Figur 61, welches eine sorgfältige Nachbildung eines von dem Photographen der Aucklands-Expedition, Herrn Krone, kurz nach dem Eintritte der Venus in die Sonnenscheibe, am 9. Dezember 1874 Nachmittags aufgenommenen Sonnenbildes mit den im Fernrohre zum Messen der Entfernungen befindlichen Linieneintheilungen darstellt.

Frankreich hatte 1874 6 Stationen, England 12, Italien 3, Holland 1, Amerika 8 und Russland, da der Durchgang in einem grossen Theile des Zarenreiches sichtbar war, 26 Stationen besetzt. Die deutschen Expeditionen waren sämmtlich vom Wetter begünstigt gewesen.

Ein gleicher Eifer zur Aussendung von Expeditionen obwaltete auch im Jahre 1882, besonders, da es nun galt, von dieser wichtigen Erscheinung für $121\frac{1}{2}$ Jahre Abschied zu nehmen. Unsere Figur 62 giebt die Uebersichtskarte der Erdorte, welche am 6. Dez. 1882 den Vorübergang der Venus vor der Sonnenscheibe zu beobachten ermöglichten. Die ganz dunkle Parthie der Zeichnung konnte von der Erscheinung nichts sehen, weil dort die Sonne unter dem Horizont sich befindet; die halbdunkle Partie sah nur einen Theil, und zwar jene rechts, welche Westeuropa und ganz Afrika in sich begreift, bei untergehender Sonne nur den Anfang, jene links, die einen grossen Theil des Stillen Ozeans überzieht, bei aufgehender Sonne nur das Ende der Erscheinung; endlich sah die helle Parthie den ganzen Verlauf des Phänomens. Die auf dem Kärtchen eingetragenen Kurven erhält man leicht, indem man zuerst für die Zeiten des Ein- und Austritts der Venus jene Orte der Erdoberfläche aufsucht, deren Bewohner die Sonne senkrecht über ihrem Kopf haben. Der erstere

liegt (für den Moment der Bisektion der Venus durch den Sonnenrand) etwas östlich von Rio de Janeiro, der zweite nächst der Ducie Insel in der Paumotugruppe des Stillen Ozeans. Markirt man dann diese Punkte auf einem Erdglobus und zieht im Abstand von 90 Graden die zwei entsprechenden Kreise, so stellen letztere die Be-

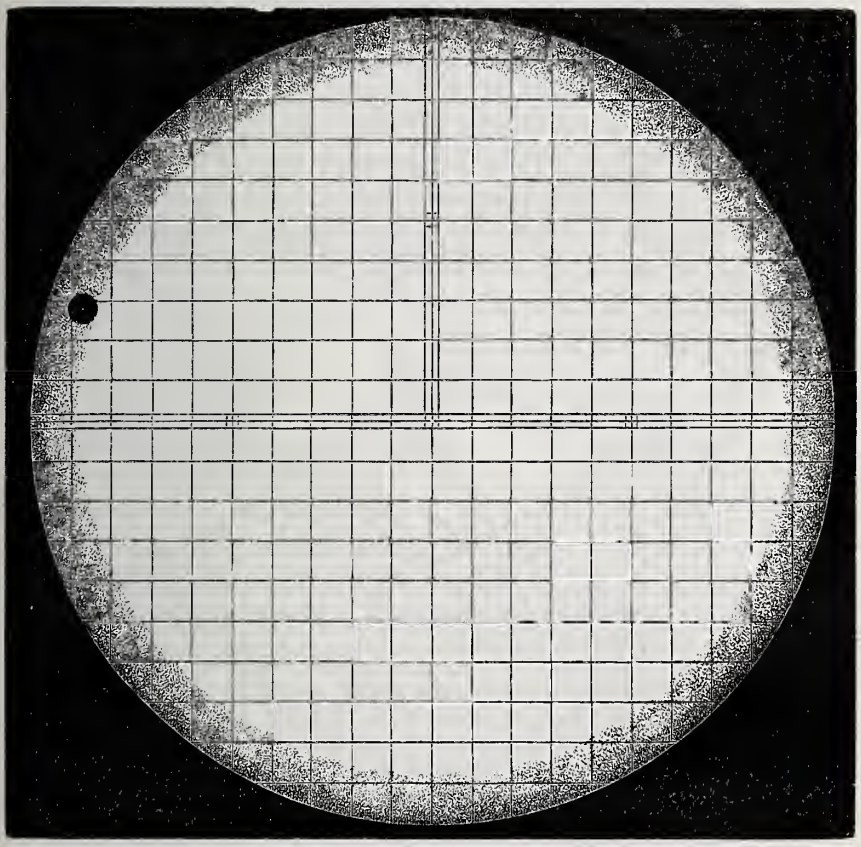


Fig. 61. Venusdurchgang, 1874, (nach einer Original-Photographie, aufgenommen von dem Photographen der Aucklands-Expedition, H. Krone).

leuchtungsgrenzen für die betrachteten Momente dar, nach Osten hin jene Grenze, wo eben die Sonne untergeht, nach Westen hin, wo sie eben aufgeht. Breitet man endlich die Länder und Meere des Globus in eine Ebene aus, so ergeben sich die dargestellten wellenförmigen Beleuchtungskurven.

Deutschland sandte 1882 vier Expeditionen aus, zwei nach Nordamerika (Hartford in Connecticut und Aiken in Süd-Carolina), zwei

nach Südamerika (Bahia Blanca in Patagonien und Punta Arenas in der Magelhaensstrasse), während gleichzeitig eine deutsche Südpolar-

Fig. 62. Uebersichtskarte der Erdorte, welche am 6. Dez. 1882 den Vorübergang der Venus vor der Sonnenscheibe entweder ganz (hellere Partie), theilweise (halbdunkle Partie), oder gar nicht (ganz dunkle Partie) gesehen haben; gezeichnet v. Dr. Weineck.

Expedition auf der Insel Süd-Georgien weilte und den Venusdurchgang beobachtete. Frankreich schickte 8 Expeditionen, England 7.

Dänemark 1, Belgien 1 und Amerika 14 Expeditionen aus, deren Eine unter Leitung des hervorragenden Washingtoner Astronomen Newcomb nach dem Kap der guten Hoffnung ging. In Europa, wo der Anfang des Durchganges gesehen werden konnte, war das Wetter allgemein ungünstig und die Beobachtung gelang in Deutschland nur in Dresden (Dr. Weinek, H. Krone), in München (Dr. Seeliger) und in Potsdam (Dr. Vogel). Von amerikanischer Seite wurde grosser Werth auf die photographischen Aufnahmen des Phänomens gelegt, deren man an einzelnen Stationen über 200 erhielt. Dieselben werden als Chronik des Himmels der Nachwelt von grösstem Werthe sein, besonders für Generationen, denen es nicht vergönnt sein wird, einen Venusdurchgang zu erleben.

Werfen wir auf die für die astronomische Forschung gewonnenen photographischen Resultate einen Rückblick, so werden wir uns nicht verhehlen können, dass die Anwendung der Photographie für den genannten Zweig der Naturforschung ein vorzügliches Mittel abgiebt, die Fehler, welche von der Individualität des Beobachters in Bezug auf astronomische Zeitbestimmungen abhängen, für die Zukunft gänzlich zu beseitigen. Es ist nicht zu leugnen, dass bei den Untersuchungen, selbst der exaktesten Gelehrten, die Gesichtsempfindungen, auf welchen ja einzig und allein die direkte Beobachtung des Himmels beruht, Täuschungen unterworfen sind. Es ist durch genaue Untersuchungen dargethan, dass auf physiologischen Anomalien des betrachtenden Auges beruhende Fehler durchaus nicht konstant sind, selbst nicht während einer einzigen Reihe von Beobachtungen. Wenn nun der menschliche Empfindungsmechanismus derartige Unvollkommenheiten zeigt, welche nicht nur mit dem Lebensalter, sondern von einem Augenblick zum andern sich ändern, von momentaner Störung der Verdauung, der Blutzirkulation, oder von nervöser Erregung abhängen, so werden besonders die Astronomen die Anwendung der Photographie als ein unschätzbares Förderungsmittel ihrer Wissenschaft betrachten müssen. Die Zeit wird hoffentlich nicht mehr fern sein, in welcher man auf jeder Sternwarte die photographischen Einrichtungen als unentbehrlich betrachten wird.

5. DIE PHOTOGRAPHISCHE BESTIMMUNG DER GEOGRAPHISCHEN LÄNGE UND ORTSZEIT.

Es gehört bekanntlich zu den wichtigsten Angaben der astronomisch-geographischen Wissenschaft, mit Hilfe von Stern- und

Sonnenbeobachtungen die Länge und Breite, mithin die geographische Lage eines Ortes möglichst genau zu bestimmen. Die Ermittelung des geographischen Längenunterschiedes zweier Orte, welche bekanntlich in einer Ermittelung des in einem und demselben absoluten Zeitpunkte stattfindenden Unterschiedes der Ortszeiten derselben besteht, ist in bemerklichem Grade von gewissen persönlichen Unterschieden der Zeitauffassung der beiden verschiedenen Beobachter abhängig, deren jeder an seinem Orte die Ortszeit zu bestimmen hat. Es hat sich nämlich bei genaueren Zeitmessungen herausgestellt, dass verschiedene Beobachter den Zeitpunkt eines und desselben Phänomens, welches ihnen absolut gleichzeitig dargeboten wird, um bemerkliche Bruchtheile der Sekunde verschieden auffassen und verzeichnen.

Selbst bei denjenigen vollkommensten Ausführungen geographischer Längenbestimmungen, welche durch die Elektrizität derartig ermöglicht werden, dass ein und dasselbe elektrische Signal sich an den Endpunkten einer Telegraphenleitung (ganz unabhängig von den Auffassungen der Beobachter) auf einem Papierstreifen aufzeichnet, auf welchem zugleich eine Uhr ihre Schwingungen registrirt, kommt doch die Verschiedenheit der Auffassungen der beiden Beobachter in Betracht. Jeder derselben hat nämlich zur Bestimmung seiner Ortszeit auf dem erwähnten Papierstreifen auch die Momente zu verzeichnen, in welchen das infolge der Drehung der Erde durch das Fadennetz eines ruhenden Fernrohrs hindurcheilende Bild eines Sternes oder der Sonne bestimmte Stellen des Fadennetzes passirt, und hierbei treten gerade die persönlichen Verschiedenheiten der Auffassungen und Registrirungen von augenblicklichen Phänomenen am meisten ins Spiel.

Zwar hat man schon dadurch, dass der Beobachter seine Wahrnehmung mittels elektrischer Wirkungen auf dem Papierstreifen verzeichnet, auf welchem die Uhr in derselben Weise ihre Schwingungen registrirt, eine bedeutende Verminderung der erwähnten persönlichen Unterschiede und besonders eine grössere Beständigkeit derselben erreicht, so dass man z. B. durch den Ortswechsel der Beobachter den Einfluss ihrer persönlichen Fehler in den Durchschnittsergebnissen unschädlicher machen, auch durch geeignete Apparate die bei jedem einzelnen Beobachter eintretenden subjektiven Verzögerungen der Wahrnehmung und der Registrirung ermitteln und alsdann in Rechnung bringen kann; aber immer noch entstehen aus den unvermeidlichen Veränderlichkeiten dieser persönlichen Fehler nicht unerhebliche Unsicherheiten aller derartigen Bestimmungen.

Um nun jeden persönlichen Einfluss auszuschliessen, wäre es das Beste, gleichzeitig an zwei verhältnissmäfsig weit von einander entfernten Orten durch einen und denselben Beobachter das Bild der Sonne oder eines Sternes in einem bestimmten Moment bei bestimmter Höhenstellung des Fernrohres im Bilde zu fixiren. Dies wird möglich durch die vereinte Hilfe zweier, die naturwissenschaftliche Forschung in mannigfacher Richtung unterstützenden Künste, der Photographie und der Elektrotechnik. Kann man eine Anzahl von Sonnenbildern oder von Abbildungen eines bestimmten Sternes in einer bestimmten Zeit gleichzeitig auf eine photographische Platte photographisch mittels eines astronomisch justirten Fernrohres fixiren, dessen Höhenwinkel möglichst genau an der Kreistheilung eines Höhenkreises im Moment der Bildgabe abgelesen werden kann, so ist das Problem, mit Ausschlufs der persönlichen Gleichung Längenbestimmungen zu berechnen, gelöst. Verfasser hat einen derartigen Apparat konstruirt und in einem allen Anforderungen entsprechenden Modelle ausführen lassen. Die intellektuelle Urheberschaft des Instrumentes jedoch gebührt Seiner Exzellenz, Herrn Hofrath Dr. G. Schück de Capanema, Generaldirektor des Telegraphenwesens in Brasilien. Derselbe schrieb mir zu Anfang des Jahres 1879 Folgendes:

„Ist es möglich, an einem achtzölligen Reisetheodoliten das Fernrohr derart einzurichten, dass man scharfe Bilder der Sonne und des Fadenkreuzes auf trocknen Platten erhalten kann, und zwar derart, dass sich durch eine 100- bis 200fache Vergrösserung mit dem Mikroskope die Entfernung der Fäden von bestimmten Flecken oder selbst vom Rande messen lässt? Zweck ist nämlich der: 1. an einem Orte bei bestimmter Höhe Sonnenbilder in gegebenem Augenblicke zu erhalten, 2. unter gleicher Breite bei derselben Höhe ebensolche Bilder zu erhalten und 3. am ersten Orte wieder neue Bilder bei grösserer Höhe zu erhalten. Die Objektive müssen jedesmal automatisch durch einen elektrischen Strom momentan geöffnet und geschlossen werden können. Ferner sollen, statt jedesmal nur ein Bild aufzunehmen, jedesmal drei oder mehr in genauen Zeitintervallen von je fünf Zeitsekunden aufgenommen werden können. In diesem Falle muss aber die Kassette so eingerichtet sein, dass die Platte nach jedesmaligem Verschlusse von selbst vorgeschoben wird. Durch Vergrösserung der erhaltenen Bilder lassen sich dann jedesmal die Intervalle der Fäden vom Rande aus messen,

CAMERA CLUB LIBRARY
Catalogued & Indexed 1930 by

und dadurch ist leicht eine Reduktion des Sonnenzentrums auf den Mittelfaden erhältlich. Hauptsache ist, dass durch das Oeffnen und Schliessen der Kassette das Objektiv nicht erschüttert werde. Hauptzweck dieser Einrichtung ist: Längenbestimmung zwischen zwei Telegraphenstationen."

Die Grösse des Fernrohres an einem Reisetheodoliten ist eine zu minimale, um ein genügend grosses Sonnenbild zu genanntem Zwecke zu erhalten. Ich liess daher das in Fig 63 abgebildete Fernrohr von C. A. Steinheil Söhne in München bauen.

Der Apparat wurde zu Berlin in der Sitzung des Elektrotechnischen Vereins vom 23. März 1880 vorgeführt. Er besteht aus einem photographischen Fernrohr A (Fig. 63), mit welchem eine photographische Kassette B (Fig. 63) so verbunden ist, dass die Kassette selbst nicht an dem Fernrohre hängt, sondern mittels eines der optischen Axe des Fernrohres parallel laufenden Metallgestelles, selbstverständlich in ganz bestimmter Richtung, d. h. im rechten Winkel zur optischen Axe des Fernrohres, gehalten wird. Der Mechanismus ist so organisirt, dass die Kassette alle Bewegungen des Fernrohres in konstanter Lage mitmacht, während ihre Lichtöffnung durch eine Sammtmanchette, um seitliches Licht abzuhalten, mit dem Okularende des Fernrohres bei z (Fig. 63) verbunden ist.

Das Fernrohr (Fig. 63) besteht aus zwei Doppel-Objektiven; das eine $a\,b$ von 7 Centimeter Oeffnung und 52 Centimeter Brennweite nimmt die von S kommenden Strahlen der Sonne auf und entwirft bei jener verhältnissmässig langen Brennweite in f ein kleines Sonnenbildchen. Bei den mir zu meinen Untersuchungen zu Gebote gestandenen zwei photographischen Fernrohren misst dieses Sonnenbildchen 9 Millimeter im Durchmesser. Bei g. h und i sind feste Blendungen angebracht, während ausserdem bei w je nach der gewünschten Lichtstärke engere Blenden durch einen feinen Spalt zwischen die beiden Linsenkombinationen des Objektivs $a\,b$ eingeschoben werden können. Das umgekehrte Bild der Sonne fällt bei f auf eine runde Spiegelglasscheibe von 30 Millimeter Durchmesser, auf welcher ein feines Fadenkreuz eingravirt ist. Das Bild dieses Fadenkreuzes mit dem auf dasselbe auffallenden Sonnenbilde wird nun seinerseits wieder durch das in dem Tubus angebrachte photographische Objektiv $c\,d$ (Oeffnung 5 Centimeter, Brennweite 39 Centimeter) auf die Bildebene v der Kassette B geworfen. Bei $k\,l$ befindet sich ein kleineres Fernrohr, ein Sucher, aufgeschraubt, um das Instrument.

ohne die Kassette entfernen zu müssen, nach der Sonne richten zu können. Steht das Sonnenbild im Zentrum des in dem Sucher angebrachten Fadenkreuzes, so ist gleichzeitig das photographische Sonnenbild auf die gleichgeartete Stelle der Bildebene *v* zentrirt. Bei *m* befindet sich eine Triebstange, um das Fernrohr der Bildebene nähern oder von derselben entfernen zu können. Bei *n* ist eine Mikrometerschraube angebracht, um den photographischen Apparat zur optischen Axe des Fernrohres richtig und genau zu zentriren. In *r*, *s*, *t*, *u* ist das Uhrwerk, welches die noch zu schildernden mechanischen Vorrichtungen treibt, eingeschlossen. Bei *u* befinden sich des Weiteren die Klemmschrauben zur Einfügung der Telegraphenleitungsdrähte.

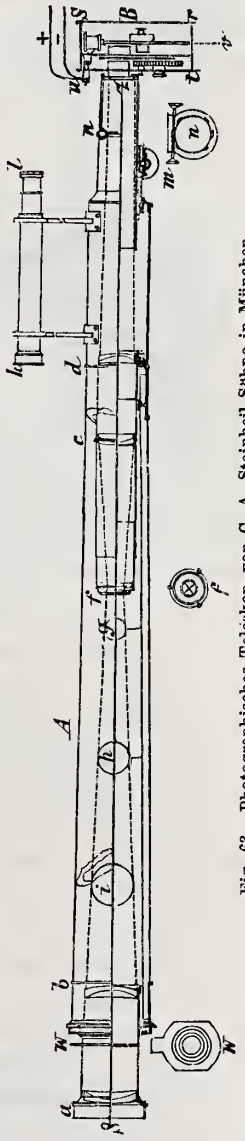


Fig. 63. Photographisches Teleskop von C. A. Steinheil Söhne in München.

Die photographische Kassette ist nicht, wie das seither bei derartigen Arbeiten üblich war, viereckig, sondern rund. Das hervorstehende Rohr *a b* (Fig. 64) kommt in die optische Axe des Fernrohres in exzentrischer Stellung zu stehen. In der Kassette selbst ist eine elektromagnetische Vorrichtung angebracht, mittels deren sowohl der Lichtverschluss für die empfindsame Platte geöffnet und geschlossen, als auch die empfindsame Platte selbst in regelmässigen Zwischenräumen vor dem Objektive vorbeigerückt werden kann. Auf der runden Tragscheibe *A* (Fig. 64 und 65) sind die Tragstifte *H H* eingeschraubt; dieselben verbinden eine zweite feste Scheibe *B* mit der ersten Tragscheibe *A*. Das Rohr *a b*, welches ebenfalls beide Tragscheiben verbindet, ist in seinem zweiten Drittel in seinem ganzen Lumen durchsägt. Auf der Tragscheibe *A* sitzt eine durch ein Federwerk getriebene, an einer einzigen Stelle durchbohrte Metallscheibe *D*, deren Triebwerk sich in *E* befindet; letzteres wird bei *R* aufgezogen. Auf der zweiten Tragscheibe *B* sitzt eine zweite bewegliche Scheibe *C*, welche ihrerseits wiederum durch ein zweites

Triebwerk F, das bei O aufgezogen wird, in rotirende Bewegung versetzt werden kann. Auf diese bewegliche Scheibe wird die runde, in der Mitte durchbohrte, präparirte, lichtempfindliche Glasscheibe G aufgelegt, die ihrerseits wiederum durch einen aufgeschraubten Ring festgehalten wird. Die gesammte Vorrichtung ist von einem das Licht abschliessenden Deckel K umgeben.

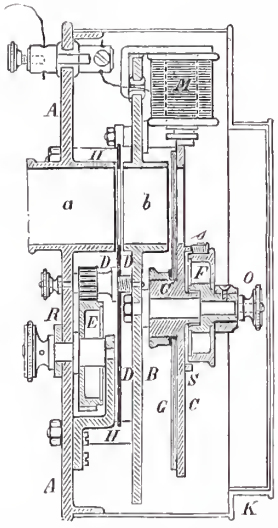


Fig. 64. Uhrwerk der Photographisch-astronomischen Kassette.

Bei M befindet sich ein in eine Telegraphenleitung eingeschalteter Elektromagnet, dessen Anker durch Auf- und Abbewegung bei Einwirkung des elektrischen Stromes die Aufgabe hat, in gewissen Zeitintervallen die verschiedenen Drehscheiben sich bewegen zu lassen. Mit dem Anker $c\,m$ ist der Hebelarm $c\,n$ (Fig. 65) verbunden, andererseits aber auch ein ganz gleichartig gebauter, stumpfwinkliger Doppelhebel $h\,d\,p$ (Fig. 68 und 69), welcher mit dem erstgenannten Hebel $m\,c\,n$ durch die Axe x (Fig. 71) in paralleler Stellung fest verbunden ist. Wenn demnach der Hebel $m\,c\,n$ durch den Elektromagnet M angezogen wird, macht gleichzeitig der mit ihm verbundene und hinter ihm liegende Hebel $h\,d\,p$ (Fig. 69) die gleiche Bewegung. Die Enden des Hebels $m\,c\,n$ halten die Drehscheibe C auf, welche die präparirte Glasplatte G (Fig. 64) trägt, während der zweite Hebel $h\,d\,p$ die Belichtungsscheibe D regiert. Wird nun der Strom ge-

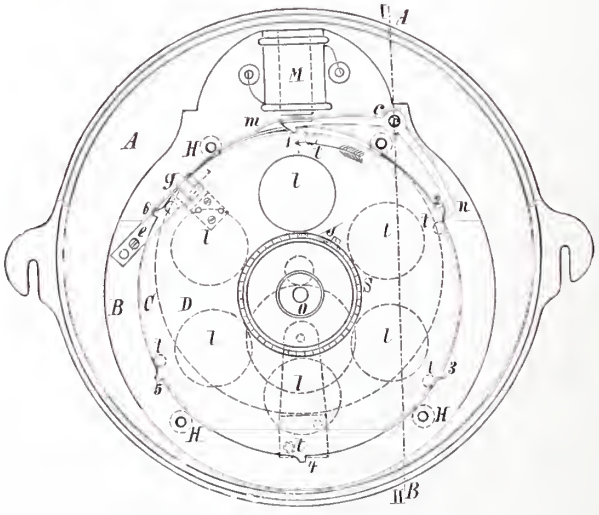


Fig. 65. Photographisch-astronomische Kassette. Vorderansicht.

schlossen, d. h. wird der Stromschlüssel Fig. 66 von u nach z bewegt, so zieht der Elektromagnet den Hebelarm cm an, in demselben Momente senkt sich der Hebelarm cn. Während mc angezogen ist, kann sich die Scheibe durch Vermittelung ihres Federwerkes S von dem Punkte 1 bis 2 bewegen, d. h. dieselbe geht um das Stück von 1 bis 2 in der Richtung des in Fig. 65 ersichtlichen Pfeiles voran;

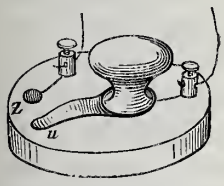
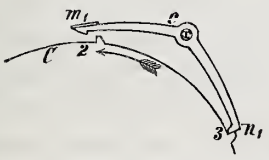


Fig. 66 Stromschlüssel für die photogr. Kassette.



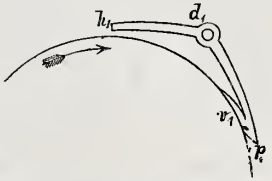
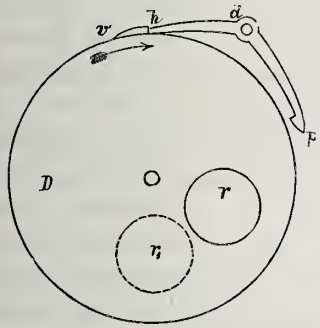


Fig. 67 u. Fig. 68. Doppelhebel für die Bewegung der lichtempfindlichen Platte.

weiter kann sie, so lange der Elektromagnet anzieht, nicht gehen, weil das Ende des Hebels n_1 (Fig. 67) sich auf die Scheibe herunter-senkt und den mittlerweile nach 2 angekommenen Vorsprung 3, wie diese zweite Stellung aus Fig. 67 ersichtlich ist, festhält. Die Belichtungsscheibe, die durch das Uhrwerk E (Fig. 64) getrieben wird, macht gleichzeitig dadurch, dass auch ihr Hebelarm dh (Figur 69)



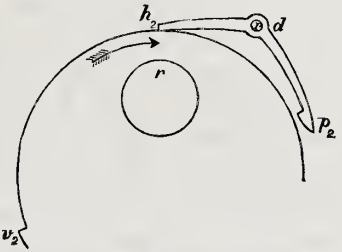


Fig. 69 u. Fig. 70. Doppelhebel für die Bewegung der Momentverschlussplatte.

sich hebt, einen kleinen Weg, nämlich von h nach p in entgegengesetzter Richtung zur Platte C. Die an der Scheibe hervorstehende Nase v wird alsdann durch das Sinken des Hebelarmes dp bei p_1 (Fig. 68) festgehalten. Während diese Scheibe diesen kurzen Weg beschreibt, rückt die Oeffnung r derselben von r nach r_1 (Fig. 69). Der sechste Theil der photographisch präparirten runden Platte steht gleichzeitig unbelichtet bei l (Fig. 65). Wird nun der Schlüssel

(Fig. 66) wieder von z nach u zurückgestellt, so lässt der Elektromagnet den Hebelarm $m\,c$ (Fig. 65) wieder los, und es bleibt dadurch die Scheibe C in ihrer seitherigen Stellung, weil der an dem Hebelarm $c\,m$ befindliche Haken durch Einschnappen in dieselbe sie festhält. Wenn aber der Elektromagnet losgelassen hat, so hat sich gleichzeitig der zweite Winkelhebel $h\,d\,p$, welcher durch die Anziehung des Elektromagnets in die Stellung von Fig. 68 gelangt war, auch in seiner Stellung verändert; h_1 hat sich gesenkt und hat die Stellung h_2 (Fig. 70) angenommen. Dadurch hat der Haken p_1 (Fig. 68) die Nase v_1 losgelassen, ist in die Stellung p_2 (Fig. 70) gerückt, und es konnte infolge dessen die Belichtungsscheibe an der präparirten lichtempfindlichen Glasscheibe vorbeifliegen, bis die Nase v_2 wiederum bei h_2 anlangt, woselbst sie aufgehalten und die Scheibe dadurch zur Ruhe gebracht wird. Im Momente, wo die Scheibe aufgehalten wird, schlägt sie mit einem Stifte auf ein Metallstück auf, wodurch ein lauter, glockenheller Ton entsteht, welcher dem Beobachter mittheilen soll, dass je eine Belichtung vorüber und je eine Aufnahme gelungen, mithin je der sechste Theil der präparirten Platte belichtet ist. Um eine zweite Aufnahme vorzunehmen, wird dasselbe Verfahren wiederholt, und dies kann in beliebigen Zeitintervallen sechsmal oder häufiger hintereinander stattfinden, ehe man nöthig hat, eine zweite präparirte Glasplatte in die Kassette einzulegen. Sollen aber in sehr rascher Aufeinanderfolge bestimmte Himmelskörper photographisch aufgenommen werden, so ist zu diesem Behufe eine zweite Vorrichtung, die an den Apparat bei e (Fig. 65) angeschraubt werden kann, angebracht; dieselbe ist in Fig. 72 abgebildet. Durch sie wird in dem Momente, wo der Strom geschlossen wird, gleichzeitig durch den Stromschluss nicht nur die Scheibe, welche die empfindliche Platte trägt, um ein Stück vorgeschoben, sondern gleichzeitig auch die Belichtungsscheibe in rasche Bewegung gesetzt, so dass alsbald die das Licht durchlassende Oeffnung r (Fig. 69 und 70) an der präparirten Platte vorbeifliegen muss. Für diesen Fall ist der zweite Hebel d (Fig. 71), $h\,d\,p$ in Fig. 69, einfach abzunehmen, dagegen die Vorrichtung Fig. 72 bei e (Fig. 65) anzuschrauben.

Hat in diesem Falle der Elektromagnet M den Anker $c\,m$ angezogen, und ist die lichtempfindliche Platte von 1 nach 2 vorgerückt, so drückt der Stift t (Fig. 72) auf eine kleine schiefe Ebene f. Diese ist mit einem Stifte g verbunden, welcher die bewegende Kraft der Belichtungsscheibe D auslöst, wodurch solche ihre vorbeifliegende Bewegung machen kann. Hat die Belichtungsscheibe nun ihren

ganzen Umkreis einmal vollendet, so wird sie wiederum bei *g* (Fig. 65 und 72) aufgehalten.

Die beiden verschiedenen Arten der Auslösungen unterscheiden sich demnach dadurch, dass bei der ersterwähnten Methode durch Schliessen des Stromes die Stellung der Scheiben zu einander regulirt wird, während bei Wiederöffnung desselben erst die photographische Wirkung durch Vorbeifliegen der Belichtungsscheibe geschieht, und bei der zweiten in Fig. 72 dargestellten Methode die Stellung der die lichtempfindliche Platte tragenden Scheibe, sowie die Bewegung der Belichtungsscheibe durch einen einzigen Akt, nämlich durch den Stromschluss, gleichzeitig bewerkstelligt wird.

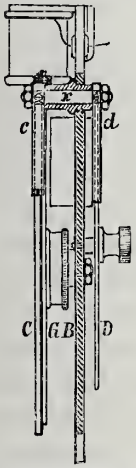


Fig. 71. Bewegungsmethode der lichtempfindlichen Platte.

Fig. 72. Vorrichtung für rasch aufeinanderfolgende Aufnahmen.

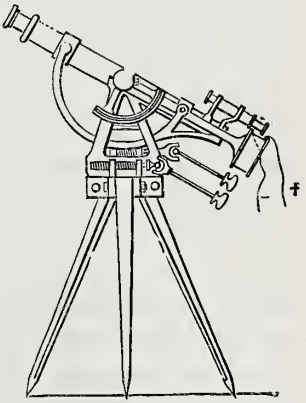


Fig. 73. Totalansicht des Photo-Teleskops.

In Figur 73 ist die Art und Weise der Verbindung der Kassette mit dem astronomischen Refraktor, sowie dessen Bewegungsmechanismus dargestellt.

Selbstverständlich muss bei praktischer Verwerthung dieser phototelegraphischen Instrumente an jeder der betreffenden Stationen ein Relais mit genügend starkem Lokalstrom eingeschaltet werden.

An dem Orte, dessen Längenunterschied gegen einen der Lage nach unbekannten Ort bestimmt werden soll, ist mein phototelegraphisches Fernrohr aufgestellt, das durch Telegraphenleitung mit jenem Orte von bekannter Lage verbunden ist. Das Fernrohr, welches nach der Vertikalen und Horizontalen orientirt wird. ist mit einem Höhenkreise versehen, an dem man den Winkel abliest, um welchen die

optische Axe des Fernrohrs gegen den Horizont geneigt ist, und es wird hieraus in Verbindung mit der Stellung des photographischen Bildes der Sonne zu dem genau in der optischen Axe des Fernrohres liegenden und mitphotographirten äusserst feinen Fadenkreuze die betreffende Ortszeit berechnet. Diese Berechnung der Zeit aus Höhen eines Gestirns wird besonders scharf, wenn dieses Gestirn in der Nähe des ersten Vertikals (Vertikalebene durch Ost und West) steht.

Der Unterschied derselben von der Zeit des anderen Ortes giebt dann den Längenunterschied. Nehmen wir zur Erläuterung dieser Methode ein konkretes Beispiel, z. B. die Aufgabe, die geographische Länge des astronomischen Zwecken dienenden Paulsthurms zu Frankfurt a. M., bezogen auf die Sternwarte in Berlin, zu finden. Angenommen, man hätte am 22. März 1880, Vormittags, ein solches photographisches Fernrohr auf dem Paulsthurm zu Frankfurt a. M. aufgestellt, nachdem es telegraphisch mit der Berliner Sternwarte und einem gleichartigen daselbst aufgestellten Fernrohre verbunden war; man hätte beide Instrumente weiter so nach der Sonne gerichtet, dass das Bild derselben an einer beliebigen Stelle in den Gesichtsfeldern erschien. Darauf würde von der Berliner Sternwarte aus, als die Normaluhr derselben gerade 10 Uhr 20 Minuten zeigte, der Strom auf einen Augenblick geschlossen und im selben Moment öffneten sich beide photographische Kassetten in Frankfurt a. M. und Berlin, und nähmen auf der präparirten Glasscheibe ein Sonnenbild nebst dem Bilde des Fadenkreuzes auf, wie Fig. 74 zeigt, welche einem der gewonnenen Bilder des Sonnenstandes für Frankfurt a. M. entspricht, und auf welcher S das Sonnenbild bedeutet. Die Ablesung am Höhenkreise zu Frankfurt a. M. möge $33^0\ 36'\ 44''$ sein. Dies ist die Höhe des horizontalen Querfadens $a\,b$ über dem Horizonte. Die Sonnenhöhe aber findet man, indem man den Abstand d des unteren Sonnenrandes vom Querfaden und den Halbmesser der Sonne zu der Ablesung am Höhenkreise addirt. Das Fernrohr kehrt nämlich nicht, wie andere astronomische Fernrohre, die Bilder um; folglich ist in der Abbildung die Sonne nicht südlich vom Querfaden, und ihr Oberrand unten, sondern nördlich, und ihr Oberrand oben. Die Sonne und deren scheinbarer Gang erscheinen auf der Platte gerade so, wie wir es bei direkter Beobachtung, ohne Fernrohr, in Wirklichkeit sehen, weil das photographische Objektiv $c\,d$ (Fig. 63) das im Fokus des Objektivs $a\,b$ in f erscheinende umgekehrte Sonnenbildchen wieder umkehrt, d. h. gerade stellt. Der Abstand lässt sich leicht durch das Mikroskop mit Hilfe eines Mikrometers messen. Er

möge im gegenwärtigen Falle 6′ 4″ betragen, dazu der Radius der Sonne an diesem Tage = 16′ 4″, giebt 22′ 8″. Addirt man diesen Betrag zu der Höhenangabe des Instrumentes, so resultirt 33° 58′ 52″ als die Höhe des Sonnenmittelpunktes.

Diese Höhe muss nun wegen Refraktion und Parallaxe korrigirt werden. Jene beträgt, wenn man vom Stande der meteorologischen Instrumente der Einfachheit halber abstrahirt, 1′ 25″ (mittlere Refraktion) und wird subtrahirt, die Höhenparallaxe = 7″ wird addirt, so dass die wirkliche Höhe des Sonnenmittelpunktes ist = 33° 57′ 34″. Aus dieser Höhe berechnet man nun den Stundenwinkel t der Sonne oder die wahre Sonnenzeit mit der bekannten Formel:

$$tg\frac{t}{2} = \sqrt{\frac{\sin(S-\delta)\ \sin(S-\varphi)}{\cos(S-z)\cos S}},$$

worin δ die Deklination der Sonne, z die wahre Zenithdistanz der Sonne, φ die Polhöhe des Paulsthurms bedeutet und $S = \frac{1}{2}(\delta + z + \varphi)$ ist. Es ergiebt sich alsdann aus dieser Rechnung, dass:

$$t = 31^0\ 26'\ 0'' = 2^h\ 5^m\ 44^s.$$

Es war also in Frankfurt $2^h\ 5^m\ 44^s$ vor dem wahren Mittage oder $9^h\ 54^m 16^s$ wahre Sonnenzeit. Hierzu die Zeitgleichung $+6^m 52{,}7^s$ giebt: Frankfurter mittlere Zeit $10^h\ 1^m\ 8{,}7^s$.

Da in demselben Augenblick die Uhr der Berliner Sternwarte, wie oben angegeben, $10^h\ 20^m$ zeigte, so beträgt der Zeitunterschied zwischen Berlin und Frankfurt $18^m\ 51{,}3^s$ übereinstimmend mit dem auf anderem Wege von Encke und Lorey gefundenen Werthe. (Jahresbericht des physikalischen Vereins in Frankfurt a. M. 1852/53). Das in Berlin gleichzeitig gewonnene Sonnenbild kann zur Kontrolle der Methode dienen, und muss sich aus ihm die Berliner Zeit berechnen lassen.

Da die Kassette mit Revolvereinrichtung versehen ist, so gestattet sie mehrere (mit meinem Modelle sechs) Aufnahmen nach einander auf derselben Glasplatte zu machen. Wenn diese in regelmässigen Pausen, etwa von fünf zu fünf Sekunden, aufeinanderfolgen, so kann man durch Vereinigung der einzelnen Zenithdistanzen zu einem Mittel den Stundenwinkel finden, welcher für das arithmetische Mittel der Zeiten gilt und einen noch genaueren Längenunterschied giebt als eine einzelne Aufnahme. Uebrigens kann man, wenn es sich nur um den Unterschied in der Länge zweier Orte handelt, ohne astronomische Uhr operiren, indem man an beiden Orten je ein photographisches Fernrohr, wie erwähnt, telegraphisch verbunden aufstellt,

und gleichzeitig durch einen einzigen Druck auf den Stromschlüssel die beiden Aufnahmen macht, um aus beiden Bildern in der oben angegebenen Weise die beiderseitige Ortszeit zu berechnen. Es gehört dazu jedoch immerhin wenigstens eine ungefähre Kenntniss der einen Ortszeit und deren Abweichung von der den Ephemeriden zu Grunde liegenden Normalzeit, um die Deklination der Sonne annähernd bestimmen zu können. Mit der sich dann aus der Rechnung ergebenden Ortszeit muss jedoch die Deklination von neuem schärfer bestimmt und die ganze Rechnung wiederholt werden. Selbstverständlich wird zur Bestimmung des Längenunterschiedes die genaue Kenntniss der geographischen Breite des Ortes vorausgesetzt. Durch gleichzeitige Aufstellung und telegraphische Einschaltung mehrerer derartiger photographischen Fernrohre an verschiedenen Orten könnte man die Längenunterschiede aller gegen einander oder gegen einen Centralpunkt in einem gegebenen Momente eventuell zu gleicher Zeit finden.

Revolvervorrichtungen an photographischen Fernrohren wurden schon im Jahre 1874, bei Gelegenheit der Vorarbeiten zu den photographischen Aufnahmen der Venusdurchgänge, in Anwendung gezogen. Janssen gab eine Methode an, mittels welcher man von zwei zu zwei Sekunden durch einen Hebel mit der Hand 60 Mal hintereinander eine durch ein komplizirtes Uhrwerk bewegliche lichtempfindliche Platte vor der optischen Axe eines photographischen Fernrohres vorbeirücken konnte. Ein ähnlicher Apparat wurde von Christie und Dallmeyer in London für 20malige Aufnahme eines Gestirns in sehr grossen Dimensionen ausgeführt; der Apparat war für die Sternwarte in Melbourne bestimmt. Nähere Mittheilung hierüber ist zu finden in: „Receuil des mémoires, rapports et documents, relatifs à l'observation du passage de Venus", Paris 1874, pag. 257 und 295, Artikel von Faye, sowie in den „Monthly notices of the Royal astronomical Society", Vol. 34, London 1874, pag. 347, Artikel von Warren de la Rue.

Um auch die mikrometrischen Messungen auf den Bildern selbst möglichst objektiv gestalten zu können, rathe ich folgende Methode in Anwendung zu bringen. Die das gewonnene photographische Bild tragende Glasplatte wird mit ihrer Bildseite nach oben auf den Tisch eines Mikroskops gelegt und auf derselben ein Objektivglasmikrometer in der Weise angebracht, dass die gravirte Seite des Mikrometers nach unten auf die nach oben stehende Bildseite des Photogrammes zu liegen kommt. Nehmen wir nun an, wir hätten als Mikrometer einen Centimeter in 1000 Theile getheilt, in Benutzung.

Man legt für diesen Fall nun das Mikrometer auf das Sonnenbild, und zwar so, dass irgend ein Strich desselben genau auf eine Linie des Fadenkreuzes fällt. Hat man unter Beihilfe des Mikroskops die gegenseitige Stellung des Mikrometers zum Fadenkreuz des Bildes regulirt, so verbindet man beide Glasflächen durch zwei Klammern fest mit einander, so dass sie nicht mehr aus ihrer Stellung weichen können. Darauf fertigt man eine abermalige und zwar vergrösserte Photographie sowohl des Sonnenbildes und Fadenkreuzes, als auch des Mikrometers zugleich an. Man kann die Linearvergrösserung wohl bis auf das 100fache steigern, allein es ist dies für die erste Aufnahme nicht zu rathen, weil bei zu starker Vergrösserung der Originalphotographie die Linien, sowie der Sonnenrand sich im zweiten photographischen Bilde in feine punktförmige Silberniederschläge sufgelöst zeigen würden. Bei einer 25fachen Linearvergrösserung aber, die man durch abermalige doppelt vergrössernde photographische Aufnahmen auf das 50- bis 100fache steigern kann, erscheinen die Entfernungen der Theilstriche des Mikrometers gleich 0,5 oder 1,0 Millimeter von einander gelagert, und zwar noch in scharfen Umrissen, ohne die Zeichnung eines Silberniederschlages; die gegenseitigen Entfernungen kann man mit Leichtigkeit mit unbewaffnetem Auge unterscheiden und abzählen.

Sind nun bei 50facher Linearvergrösserung Sonnenbild, Fadenkreuz und Mikrometer zusammen aufgenommen, so hat man auf einer solchen Photographie zur jeweiligen Berechnung nur nöthig, die Theilstriche zwischen dem Sonnenrande und dem entsprechenden Theile der Linie des Fadenkreuzes abzuzählen, um mit objektivster Genauigkeit die betreffende Entfernung zu bestimmen und auf den in Bogen-Sekunden ausgedrückten Durchmesser des Sonnenbildes ebenfalls in Sekunden zu reduziren. Sollte die dem Sonnenrande, sowie dem Fadenkreuze nächststehende Linie des Mikrometers nicht direkt auf den Sonnenrand auffallen, sondern ein zu schätzender Raumrest übrig bleiben, so müsste auch hier die persönliche Schätzung ausgeschlossen werden. Man muss alsdann zu diesem Behufe diese Stelle des Bildes abermals mit einem aufgelegten Mikrometer grösser photographiren, um durch abermalige gleichartige Abzählung mit möglichster Genauigkeit jenen restirenden Bruchtheil zu bestimmen. Der Gang einer photographischen Aufnahme mit meiner Methode wäre demnach folgender:

Nachdem an beiden Orten das photographische Fernrohr mittels des Suchers nach der Sonne gerichtet und das Sonnenbild auf einer

in die Kassette eingelegten, fein geschliffenen matten Scheibe mittels Lupe scharf eingestellt worden ist, rufen die beiden Beobachter gegenseitig telegraphisch an und notiren, nachdem sie an dem Höhenkreise die Höhe des Sonnenstandes abgelesen, den letzteren. Hierauf stöpseln sie um, wodurch die astronomisch-photographischen Kassetten mit ihren Relais in den Stromkreis eingeschaltet werden. In die Kassetten wurden mittlerweile in dem dunklen Zimmer die photographischen Platten eingelegt, nachdem das Sonnenbild möglichst genau in den Brennpunkt der Objektive eingestellt worden war. Ist Alles gerichtet und sind die Kassetten wieder vor die Tuben eingehängt, so melden sich dies die Beobachter und drücken dann abwechselnd auf ihren jeweiligen Stromschliesser, so dass während der sechs projektirten Aufnahmen für drei derselben von dem Orte A aus, für die drei weiteren von dem Orte B aus alternirend Strom gegeben wird. Durch diese abwechselnde Stromgebug wird die Dauer der Stromzeit für die Berechnung gegenseitig aufgehoben und dadurch aus der Rechnung von selbst eliminirt. Durch den Ton, welcher bei dem Aufschlagen der Belichtungsscheibe entsteht, wird jeder Beobachter darauf aufmerksam gemacht, dass in diesem Momente eine Belichtung der Platten von der gegenseitigen Station aus geschehen ist und die Drehscheibe im Innern der Kassette um ein Sechstel sich vorgeschoben hat. Hat es auf jeder Station sechs Mal angeschlagen, so wird wiederum umgestöpselt und das Zeichen zum Abnehmen der Kassette gegeben, welche nun in den Dunkelraum gebracht wird, um das Bild nach den bekannten photographischen Methoden zu entwickeln, zu fixiren und weiteren Berechnungen zu unterwerfen. Die Objektivität des Verfahrens kann noch erhöht werden, wenn man den Stromschluss durch ein einzuschaltendes Uhrwerk vornehmen lässt. Dieses Uhrwerk hat von 5 zu 5 Zeitsekunden die Stromkette zu schliessen und dadurch den elektromagnetischen Mechanismus in Gang zu setzen. Das an einer jeden Station gewonnene Bild zeigt die sechs photographischen Sonnenbilder jedesmal in einer etwas nach dem Rande des Sehfeldes, je nach der scheinbaren Fortbewegung der Sonne, vorgerückteren Stellung. Macht man nun auf jedem dieser Bilder die Differentialberechnung des Abstandes des unteren Sonnenrandes von

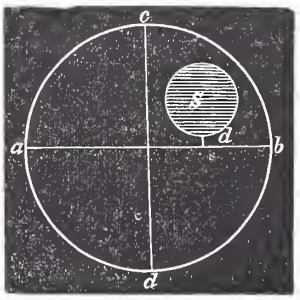


Fig. 74. Stellung eines Sonnenbildes auf der photographischen Platte.

dem Querfaden *a b* (Fig. 74), addirt zur jeweiligen am Höhenkreis abzulesenden Stellung des Fernrohrs die entsprechende Entfernung des unteren Sonnenrandes vom Querfaden ab, so erhält man sechs Grössen, deren Mittel mit dem Resultate der an der anderen Station gleichzeitig gemachten Aufnahmen verglichen wird, um aus denselben in der oben angegebenen Weise die wirkliche Sonnenhöhe zu berechnen.

Das photographische Verfahren, welches auch hier anzuwenden, ist das neuere mit Gelatinetrockenplatten. Man hat bei dieser für wissenschaftliche Zwecke höchst geeigneten, in England vor einigen Jahren erfundenen Methode den Vortheil, dass man das jedesmalige Präpariren der Platten ersparen kann. Nachdem im Dunkeln die Trockenplatte in die Kassette gelegt, nachdem sie dem Lichte ausgesetzt (exponirt) und wieder in das dunkele Zimmer zurückgebracht worden ist, hat man nur nöthig, zur Entwickelung des Bildes solches in jene gemischte Lösung von oxalsaurem Kali und Eisenvitriol zu legen, über welche wir Band I, S. 267 ausführlich berichtet haben, darin 2 bis 3 Minuten zu belassen, es dann herauszunehmen, sorgfältig abzuspülen, zu fixiren und zu trocknen; das Bild ist fertig und benöthigt wegen seiner Festigkeit nicht einmal der sonst üblichen schützenden Lackschicht. Die hohe Empfindlichkeit dieser Platten dürfte sie wohl auch zu photographischen Sternaufnahmen geeignet machen, und wäre für diesen Fall, falls die Empfindlichkeit für die Einwirkung des Sternlichtes eine genügende, das Photographiren der Sterne zu Längenbestimmungen demjenigen der Sonne bei weitem vorzuziehen, da unangenehme Nebenwirkungen, besonders die im Tubus entstehende und auf das Instrument schädlich wirkende Hitze, ausgeschlossen würden. Auch wäre die Berechnung eine viel einfachere, weil die Reduktion auf den Mittelpunkt, wie es bei der Sonne nothwendig, in Wegfall käme. Das Fadenkreuz könnte man bei vollkommen ruhig stehendem, seine gleiche Richtung beibehaltenden Instrumente nachträglich auf das Bild photographiren, vorausgesetzt, dass der Mechanismus der Kassette ein so exakter sei, dass bei Drehung der Revolververschlüsse jedes Bild wieder in die gleiche Stellung zur optischen Axe des Fernrohres, wie bei der Sternaufnahme selbst, gelangte.

Dass man in Anbetracht der hohen Empfindlichkeit der heutigen Trockenplatten-Systeme das Bild sehr heller Sterne, welche auf der photographischen Platte einen Punkt darstellen, zu Zeitbestimmungen mit Vortheil eventuell benutzen kann, wird von Professor W. Förster in einem in der Elektrotechnischen Zeitschrift, Juliheft 1880, publizirten Artikel über „die Elektrizität als Helferin der wissen-

schaftlichen Zeitmessungen und des öffentlichen Zeitdienstes" bestätigt. Bei dieser Gelegenheit wird aber auch bemerkt, dass infolge der zu befürchtenden Unsicherheiten der Bestimmung der Winkel, welche die Fernröhre in dem Zeitpunkte der geschilderten Experimente mit der Horizontebene machten, sowie der in Betracht kommenden Einflüsse der Strahlenbrechung in der Atmosphäre das auf dem elektro photographischen Wege gesuchte Ergebniss mit grösseren Fehlern behaftet würde, als durch einigermassen geübte Beobachter überhaupt begangen werden könnten, dass sich aber andere Anordnungen des betreffenden Verfahrens denken liessen, bei welchen die erwähnten Fehlerquellen nicht ins Spiel kämen. Leider sind von dem genannten Forscher keine positiveren Mittheilungen bekannt gegeben worden, welche eine andere Anordnung als die oben geschilderte gestattet hätten. Was des Weiteren die Strahlenbrechung in der Atmosphäre anbelangt, insoferne solche das Ergebniss der photographischen Darstellung beeinträchtigen würde, so wäre die gleiche Ursache von Fehlerquellen wohl auch bei direkter Beobachtung vorhanden, da doch die Strahlenbrechung in der Atmosphäre ebenso auf das Auge eines Beobachters, wie auf die lichtempfindliche Platte wirken müsste.

Fassen wir nochmals die Vortheile der neuen Methode zusammen, so beruhen solche erstens darin, dass man an dem Orte, dessen Länge man bestimmen will, weder einer astronomischen Uhr noch eines besonderen Instrumentes, um Stand und Gang derselben zu kontrolliren, bedarf; 2. dass die Messungen auf den gewonnenen Bildern mit Hilfe photographischer Vergrösserung in objektivster Weise vorgenommen werden können; 3. dass die Aufstellungsweise rasch zu erlernen, wodurch der betreffende Beamte in die Lage versetzt wird, ohne astronomische Kenntnisse mit einiger Handfertigkeit das Erforderliche auszuführen, damit ein Fachmann aus den gewonnenen Bildern die Längenbestimmungen zwischen den Telegraphenstationen vornehmen könne, und 4. dass man die geschilderte phototelegraphische Methode nicht nur zu astronomischen Längen- und Zeitbestimmungen, sowie zur Abmessung der Entfernung zwischen zwei Telegraphenstationen verwenden kann, sondern dass dieselbe auch zu vielen anderen astronomischen Arbeiten tauglich ist, bei welchen es, wie z. B. bei den für die Berechnung der Sonnenparallaxe so wichtigen Venusdurchgängen, vornehmlich darauf ankommt, an zwei oder mehreren von einander entfernten Punkten den Stand eines Gestirnes gleichzeitig in einem gegeben Momente von einem Orte aus im Bilde zu fesseln.

VIERTES KAPITEL.

METEOROLOGISCHE PHOTOGRAPHIE.

Während uns in der astronomischen Photographie die Mittel zur Verfügung stehen, die Formen und die Bewegungen der Himmelskörper auf der lichtempfindlichen Platte zu fixiren, wird durch die meteorologische Lichtbildkunst Gelegenheit geboten, die atmosphärischen und tellurischen Erscheinungen unserer Erde in naturgetreuem Bilde wiederzugeben, ja sogar die unsichtbare Kraft der Wärme, des Luftdruckes, der Luftelektrizität und des Erdmagnetismus auf lichtempfindlichen Flächen für das Auge graphisch darzustellen.

Zur Erlangung beständiger meteorologischer Aufzeichnungen sind zwei sich gegenseitig ergänzende Einrichtungen erforderlich, nämlich erstens ein Mittel, um durch bestimmte Zeichen den Grad der Wirksamkeit aufzuschreiben, welchen die genannten Naturkräfte im Moment der Aufzeichnung besassen, zweitens eine mit dem Schreibapparate verbundene Zeitskala, durch welche genau der Zeitpunkt bestimmt wird, in welchem jene sich selbst aufschreibenden Kräfte auf das lichtempfindliche Papier eingewirkt haben.

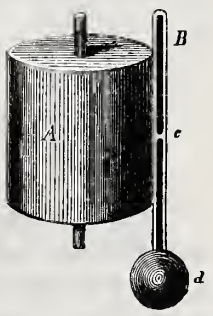


Fig. 75. Cylinder zu photographischen Aufzeichnungen.

Das Grundprinzip, auf welches sich alle photographisch-meteorologischen Notirungen stützen, besteht in der Anwendung eines mit lichtempfindlichem Papiere bedeckten Cylinders (*A* Fig. 75), welcher sich in 24 Stunden einmal gleichmässig um seine Axe dreht.

Bringen wir an einen solchen Cylinder ein Quecksilberthermometer *B* dicht heran, dessen Säule so gebrochen ist, dass ein kleiner Luftraum *c* den oberen von dem unteren Theile scheidet, so wird bei vermehrter Temperatur dieser Luftraum *c* mit dem Steigen der Quecksilbersäule sich heben, und umgekehrt mit dem Fallen des Quecksilberfadens sinken.

Nehmen wir nun an, alles Licht wäre von dem, den Cylinder umhüllenden sensitiven Papierstreifen ausgeschlossen, mit Ausnahme desjenigen Lichtstrahles, welcher durch den in der Röhre befindlichen kleinen Luftraum *c* hindurchdringen kann, und denken wir uns ferner. dass sich unmittelbar hinter diesem Luftraume eine leuchtende Flamme befände, dann würden wir auf dem, unserem Thermometer benachbarten Papiere (*A* Fig. 75) einen kleinen Lichtpunkt erblicken, welcher dem Luftraume *c* entspräche. Dreht sich nun der Cylinder und lässt der soeben beschriebene kleine Lichtpunkt eine Einwirkung auf dem sensitiven Papierstreifen zurück, so wird solche sich in Form einer horizontalen Linie bemerkbar machen. Steigt aber der kleine Lichtraum *c* auf und nieder, so wird diese gerade horizontale Linie sich in eine zackige Kurvenlinie verwandeln. Da nun auf dem lichtempfindlichen Papiere eine durch feine Linien bezeichnete Eintheilung des Tages in 24 mal 60 Theile angebracht ist, so wird, wenn die Bewegung des Cylinders eine gleichmässige ist, die horizontale Richtung der Lichtkurve in jeder Minute des Tages genau die Zeit, die Höhenrichtung derselben aber genau die Temperatur angeben.

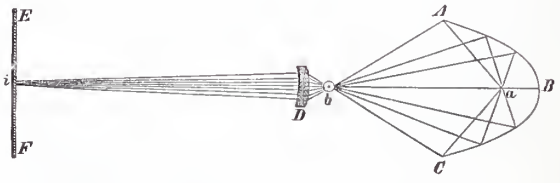


Fig. 76. Konzentration des Lichtes zu meteorologisch-photographischen Zwecken.

Um einen scharfen Lichtpunkt zu erzielen, pflegt man zwischen den Cylinder und den Apparat eine das Lichtbild konzentrirende Linsen-Kombination, und hinter die Lichtquelle einen konzentrirenden parabolischen Hohlspiegel zu stellen. Letztere Einrichtung ist in Figur 76 schematisch dargestellt. Im Punkte *a* befindet sich das Licht, welches von dem parabolischen Hohlspiegel *A B C* konzentrirt und auf die in *b* stehende Quecksilbersäule geworfen wird. *D* bedeutet ein photographisches Objektiv, welches die Lichtstrahlen auf dem photographischen Cylinder *E F* bei *i* zu einem Punkt vereinigt. Man kann statt eines Cylinders auch eine bewegliche ebene Glasfläche, welche mit lichtempfindlichem Papiere beklebt oder mit einer andern lichtempfindlichen Substanz bedeckt ist, benutzen. Auf einer derartigen Glasplatte sind die Tageszeiten durch gleichmässig abstehende, mit einem Diamant gezogene Linien notirt. Mit solchen Platten werden automatische Aufzeichnungen genau registrirt und

kontrolirt, wie wir in der nachfolgenden Beschreibung der meteorologisch-photographischen Instrumente eingehend auseinandersetzen werden.

I. DER THERMOGRAPH (PHOTO-PSYCHROGRAPH).

Bei Beurtheilung der Witterungsverhältnisse muss erstens der Grad der Wärme, welchen die Luft im Allgemeinen hat, und zweitens die Masse der Dünste welche im Zustande der Feuchtigkeit in der Atmosphäre angehäuft sind, Berücksichtigung finden; mit anderen Worten, wir müssen zu genanntem Zwecke im Besitze von Instrumenten sein, welche zum beständigen Nachweise der Temperatur, sowie der Feuchtigkeitsverhältnisse der Luft zu dienen geeignet sind. Zu derartigen Messungen benutzt man unter Anderem zwei neben einander stehende Thermometer, ein trockenes und ein befeuchtetes, wie solche in Fig. 77 abgebildet sind und welche in gemeinschaftlicher Aufstellung das „Psychrometer“ darstellen. Die Kugel des einen Instrumentes ist in ein Läppchen gehüllt, welches aus einem Glase fortwährend Feuchtigkeit aufsaugt, während das andere Thermometer stets trocken gehalten wird. Ist die Luft stark mit Feuchtigkeit angefüllt, so wird wenig Wasser von der Einhüllung des feuchten Thermometers verdunsten, und seine Höhe sich daher nicht viel von dem Stande des trockenen Instrumentes unterscheiden. Ist aber die Luft sehr trocken, so wird mehr Flüssigkeit verdunsten; bei dieser Verdunstung kühlt sich das feuchte Thermometer rasch ab, und seine Quecksilbersäule fällt. Aus den genauen Angaben beider Instrumente lässt sich der Feuchtigkeitsgrad der Luft leicht berechnen: aus einem gleich hohen Stande beider Thermometer ergiebt sich das Maximum der in der Atmosphäre angehäuften Feuchtigkeit.

Fig. 77. Psychrometer.

Der Thermograph dient zur photographischen Aufzeichnung des fortwährend sich ändernden Standes im trockenen und im befeuchteten Thermometer. Da nun immer die gleichzeitigen Angaben dieser beiden Instrumente mit einander verglichen werden müssen, so ist es an erster Stelle nothwendig, die photographischen Abdrücke so

zu ordnen, dass die gleichzeitigen Angaben der beiden Thermometer auf derselben Zeitskala genau unter einander zu stehen kommen. Durch diese Anordnung erhalten wir neben der Temperaturangabe bei anderen Vortheilen eine vergleichende graphische Darstellung der Veränderungen, welche in den Feuchtigkeitsverhältnissen der Luft vorgehen.

Um beide sich bildenden Kurven sofort vergleichen zu können, müssen die Thermometer in einiger Entfernung vom photographischen Apparate aufgestellt sein, damit vermittels passend angebrachter Linsen Bilder der beleuchteten Thermometer-Lufträume sich unter einander auf das sensitive Papier abzeichnen. Die erforderliche Anordnung wird leicht mit Hilfe von Fig. 78, welche schematisch den Grundriss eines Thermographen zeigt, verstanden werden.

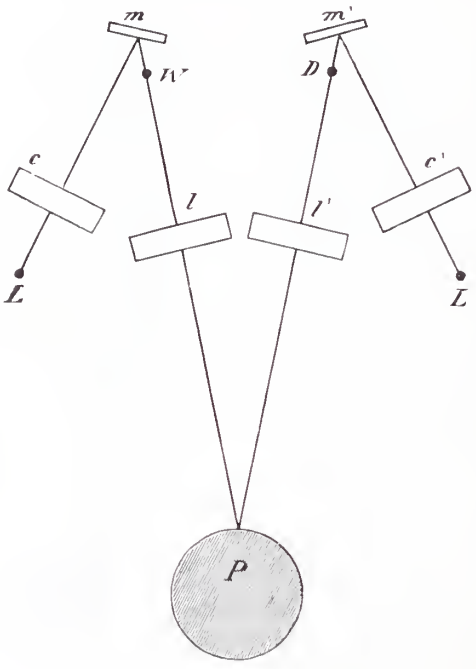


Fig. 78. Grundriss des Thermographen.

Das Licht der zwei Lichtquellen geht zuerst durch zwei Sammellinsen, sogenannte Ochsenaugen c und c', worauf es auf zwei Spiegel m und m' fällt, welche die Strahlen reflektiren und sie auf die beiden Thermometer W und D werfen. Unmittelbar vor den Thermometersäulen bilden sich zwei sehr lange, durch die Linsen c und c' vergrösserte Flammenbilder, deren Licht nur durch den Luftraum c (Fig. 75 Seite 109) dringen kann. Die helle Lichtstrecke ist von genügender Höhe, um den Luftraum an jedem der beiden Thermometer, selbst bei beträchtlicher Steigung der Temperatur, stets genügend zu beleuchten.

Um ein Doppelbild dieser beiden Luftlücken auf dem lichtempfindlichen, sich drehenden Cylinder P zu erzeugen, senden die Objektiv-Linsen l und l' gleichsam die Portraits dieser erhellten Lücken auf das den Cylinder umgebende Papier.

Die Gleichheit des Skalenwerthes für die Kurven wird erlangt, wenn die Thermometer gleichförmig gebohrt sind, so dass bei jedem die Höhe des Luftraumes der gleichen Anzahl von Graden entspricht.

Es ist weiter nothwendig, dass das Bild der betreffenden Stelle des Luftraumes und daher auch der letztere selbst so schmal als möglich, und übereinstimmend mit der Grösse der zur Verfügung stehenden Lichtquellen sei: denn wenn das in Rede stehende Bild sich zu sehr in die Breite zieht, so müssen die verschiedenen Bilder in ihren verschiedenen Stellungen einander überragen und man würde ein schlechtes Resultat erhalten. Der Unterschied zwischen einem weiten und einem schmalen Zwischenraume ist in unten stehender Zeichnung schematisch dargestellt. In Fig. 79 ist bei *a* die Folge eines breiten Luftraumes ersichtlich; es entstehen durch den geschilderten Fehler über einander geschobene Bilder, während die an einander gereiheten Linien der Zeichnung *b* einem Luftraum von richtiger Breite entsprechen würden.

Fig. 79. Fehlerhafte und richtige meteorologische Aufzeichnung.

Haben wir nun auf die beschriebene Weise eine deutliche Kurve von konstantem Skalenwerthe erlangt und besitzen wir ferner eine genaue Zeitangabe, welche durch einen fortwährend regelmässigen Gang des Cylinders bedingt wird, so haben wir selbst bei vorzüglichster Konstruktion der Apparate noch einen technischen Fehler möglichst zu verhüten. Es kann nämlich, während die Kurve sich bildet, das Papier sich etwas ausdehnen, oder an einzelnen Stellen des Cylinders sich zusammenziehen. Infolge einer derartigen Unregelmässigkeit kommt es leicht vor, dass ein Punkt auf dem Wege der Kurve nicht dem betreffenden Zeitpunkte entspricht.

Um sich über derartige Fehler in der Kurve Rechenschaft geben zu können, wird zu bestimmten bekannten Zeitabschnitten das Licht durch einen Mechanismus plötzlich auf einige Minuten entfernt. Auf diese Weise werden kleine weisse Flecken oder Zwischenräume in dem Kurvenbilde hervorgebracht, deren Zeiteintritt durch persönliche Kontrolle eines Aufsichtsbeamten genau bestimmt wird.

An dem, Seite 112, beschriebenen Instrumente wird das Licht alle zwei Stunden auf genau vier Minuten entfernt, was mittels einer mit dem Uhrwerke des Instrumentes verbundenen Vorrichtung geschieht. Durch einen vorspringenden kleinen Karton wird nämlich

der Lichtstrahl genau 2 Minuten vor Ablauf von je 2 Stunden aufgefangen und nach Ablauf von 2 weiteren Minuten durch das Wegspringen des Schirmes wieder zugelassen; der Erfolg der Methode hängt von der Korrektheit des instrumentalen Uhrwerkes ab; ist dasselbe ganz genau gearbeitet, so entspricht die Thätigkeit des Lichthemmers den an den Abbildungen der Kurven (Fig. 83) bei 2, 4, 6, 8, 10 etc. ersichtlichen Lichtlücken.

Zur weiteren Kontrole der thermophotographischen Aufzeichnungen sind bei jedem Thermographen 2 Normalthermometer anzubringen, deren Kugeln mit denjenigen der Thermometer am Thermographen identisch sein müssen. Das eine derselben dient als trockenes Thermometer und wird daher in der Nähe des trockenen Thermographen befestigt, während das andere als Verdunstungsthermometer neben dem entsprechenden anderen Thermometer zu stehen hat.

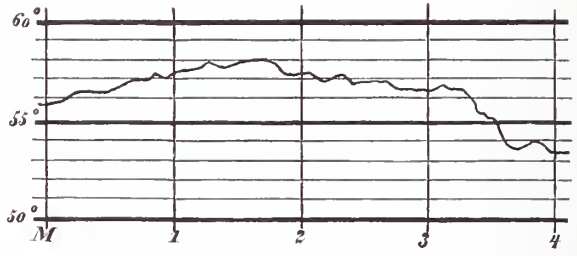


Fig. 80. Zeitskala des Thermographen.

In dem Moment, wo das Licht durch die oben beschriebene mechanische Vorrichtung abgehalten wird, also zwei Minuten vor Ablauf von je zwei Stunden, liest ein Beobachter die vergleichenden Thermometer ab und notirt deren Höhenstand. Auf diese Weise erfahren wir, ob die Angaben der Kurven in dem Augenblick der Lichtentziehung richtig gewesen und indem wir diese Notirungen mit einander vergleichen, erhalten wir eine möglichst genaue Kontrole des Instruments.

Zur Tabellirung der Kurve dient eine viereckige Tafel von Spiegelglas, auf deren Oberfläche eine Anzahl vertikaler und horizontaler Linien gravirt ist. Die vertikalen Zwischenräume. 48 an der Zahl, bedeuten die Stunden nach der Zeitskala des Thermographen, während die horizontalen Zwischenräume die Thermometergrade anzeigen; diese Grade reichen von 0^0—100^0 Fahrenheit; jede 5. Linie ist stärker bezeichnet, so dass man die Zahl der zwischenliegenden Linien sehr leicht übersehen kann. Diese Glasskala wird, mit der gravirten Seite nach unten, über die Kurve gelegt, nachdem das Papier von dem Cylinder abgenommen und dabei durch jedesmalige Kontrole am

Vergleichs-Thermometer Anfang und Ende einer Kurve bestimmt ist. Die Notirungen können selbst für jeden Theil einer Stunde leicht abgelesen werden.

Figur 80 zeigt die Stelle des Tabellirungs-Instrumentes, welche die Zeit von Mittags 12 bis Nachmittags 4 Uhr anzeigt. An dem bezüglichen Tage schwankte die Temperatur zwischen 58° und 53° Fahrenheit ($14^1/_3{}^0$ und $11^2/_3{}^0$ Celsius). Mittags 12 Uhr zeigte das Thermometer 56°, um 1 Uhr 57°, um $^1/_2$2 Uhr 58°, nach 2 Uhr 57°, um 3 Uhr $56^1/_3{}^0$, nach $^1/_2$4 Uhr 55°, während gegen 4 Uhr das Thermometer bis unter $53^1/_2{}^0$ (12° Celsius) herabging.

Derartige Instrumente sind auf grossen Sternwarten, wie in Paris, Kew und Greenwich aufgestellt und bestehen aus einer inneren und einer äusseren Abtheilung, welche auf S. 115 und S. 116 nach den Einrichtungen von Kew abgebildet sind. Auf der Abbildung des inneren Raumes Fig. 81 sind die Beleuchtungsflammen (Gas oder Paraffin) mit *F F* bezeichnet. *B B* sind die Ochsenaugengläser (Sammellinsen); *M* ist einer der beiden Spiegel; *T T* die Rahmen, an welchen die Thermometersäulen befestigt sind, und auf deren Rückseite die vergrösserten Bilder der Flammen mittels der Spiegel *M M* geworfen werden. *L L* bedeutet zwei photographische Linsen, welche die durch den Luftpunkt des Quecksilberfadens tretenden Strahlen zu einem Bildpunkte sammeln und auf den mit lichtempfindlichem Papiere bedeckten Cylinder *C* werfen; *c* ist das Uhrwerk und *S* der durch das Uhrwerk getriebene Lichthemmer, *H* ein Griff, durch welchen eine Schraube in Bewegung gesetzt wird, um nach Bedürfniss die beiden Thermometer höher oder tiefer zu stellen; im Winter, wo die Temperatur niedriger, wird man höher schrauben müssen, um die Lufträume mit den feststehenden Objektiven *L L* in genauer centraler Stellung zu erhalten, während im Sommer die Instrumente etwas niedriger zu stellen sind.

Die Thermometersäulen, welche die Lufträume enthalten, befinden sich im Innenraume, sind am Fusse gebogen und gehen horizontal durch die Wand in verschiedenen Biegungen ins Freie. Dieselben dehnen sich 65 Centimeter weit in horizontaler Richtung aus, wodurch der Einfluss der Temperatur der Wand auf die beiden Thermometer möglichst aufgehoben wird.

Das an der freien Nordseite des Observatoriums befindliche Thermometergehäuse (Fig. 82) bedeckt einen Raum von 4 Quadratfuss, und umgiebt die Thermometer, bis auf einen kurzen Abschnitt unter

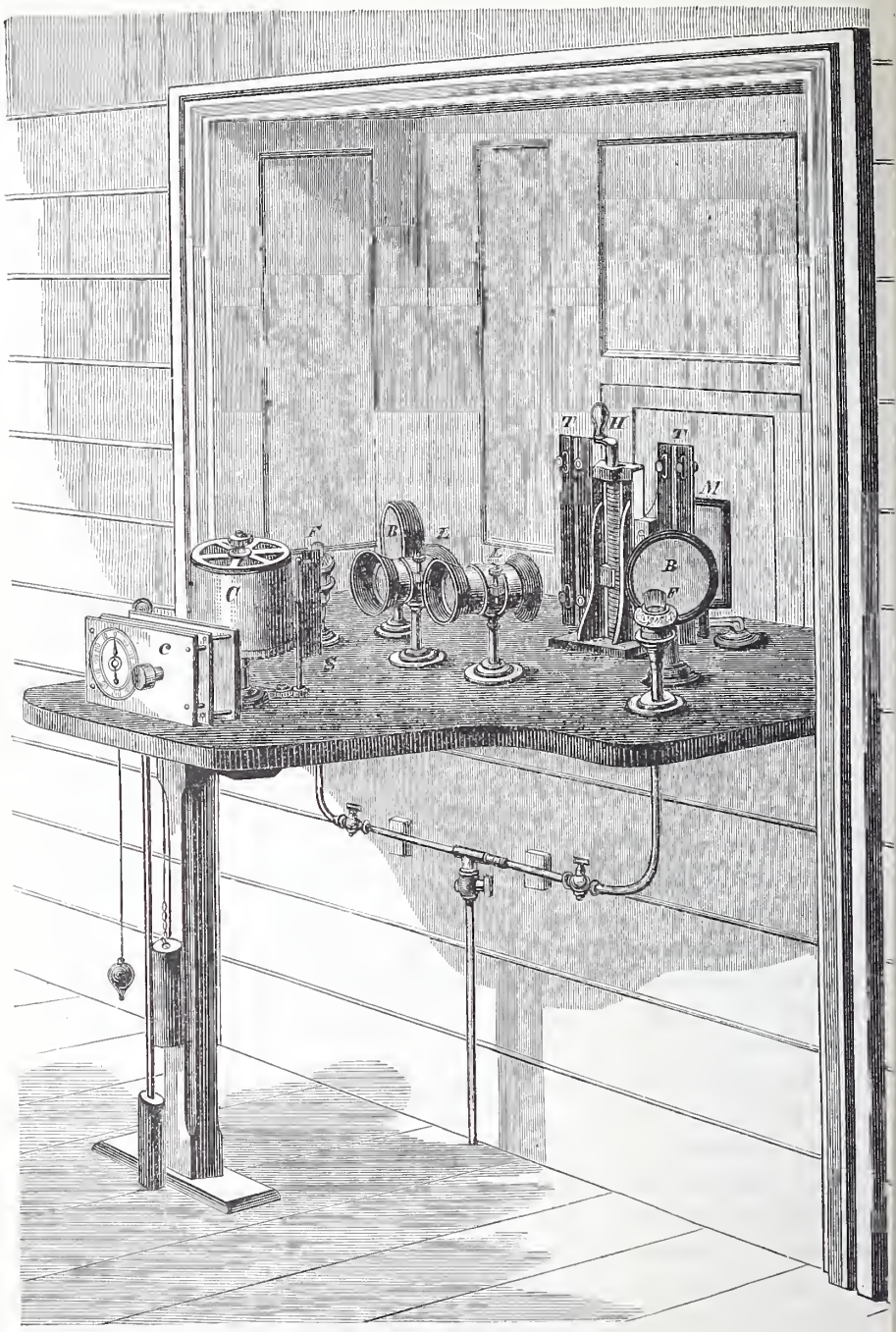


Fig. 81. Innere Ansicht des Thermographen.

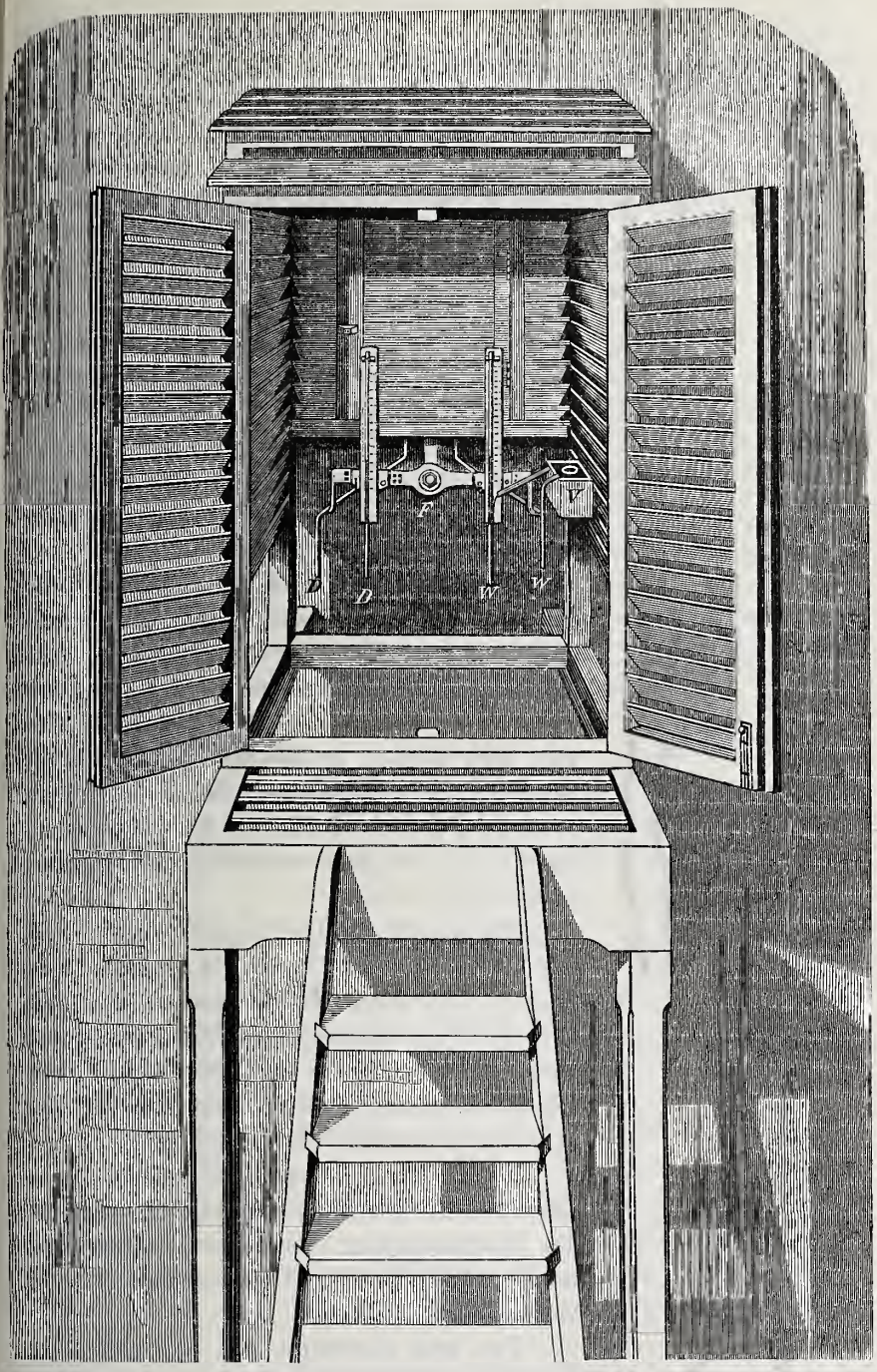


Fig. 82. Aeussere Ansicht des Thermographen.

Fig. 83. Temperaturkurven.

dem Niveau der Kugeln, von allen Seiten; die Umhüllung ist nur soviel geschlossen, als zur Abhaltung der Sonnenstrahlen und zum Schutze der Kugeln vor Wind und Wetter nothwendig ist. Die Kugeln sind zwischen 2 und 4 Meter von dem Erdboden entfernt zu befestigen.

In Figur 82 bedeutet *F* das Gestell, welches die Thermometer trägt und hoch oder niedrig geschraubt werden kann. *D* und *W* (nach aussen) sind das trockene und das Verdunstungs-Thermographen-Thermometer. *D* und *W* (nach innen) sind das entsprechende trockene und das Verdunstungs-Vergleichs-Thermometer, welche jedesmal bei Entfernung des Lichtes zur Kontrolirung benutzt werden.

V ist das Gefäss, welches das Wasser für das Feuchtigkeitsthermometer (Psychrothermometer) enthält. Um ganz sicher zu sein, dass die Temperatur des Wassers möglichst dieselbe wie die der Luft sei, hat das Gefäss die Gestalt eines hohlen, in der Mitte durchbohrten Würfels; durch diese Vorrichtung wird eine grössere Wasseroberfläche der Luft ausgesetzt, welche leicht die mittlere Höhlung des Würfels durchströmen kann.

Die Kugeln der Psychrothermometer sind mit feinem Mousselin umwickelt, welchem das Wasser *(V)* durch Zwirnfäden in zwei mit dem Gefässe verbundenen Rinnen zugeführt wird. Die eine Rinne führt das Wasser dem Psychrothermometer des Thermographen, die andere dem Kontrolthermometer zu.

Nach der gegebenen Beschreibung ist es klar, dass die grösste Genauigkeit der Angaben des Thermographen durch die Vergleichung mit den kontrolirenden Thermometern erreicht werden kann.

Um nun überhaupt die Sicherheit der durch diese Instrumente gelieferten Angaben

über Temperatur und Feuchtigkeit der Luft noch weiter zu prüfen, werden in Kew gleichzeitig andere Versuche mit andern Instrumenten von verschiedener Grösse vorgenommen, die an verschiedenen Orten aufgestellt sind. Dieselben geben fast stets das Resultat, dass die vorkommenden Abweichungen nur hinsichtlich der örtlichen Verschiedenheit sich auf ein Minimum beschränken, sonst aber alle Angaben vollkommen mit einander übereinstimmen.

Unsere Figur 83 zeigt die Kopie einer 24stündigen doppelten Originalkurve des Thermographen zu Kew.

Wir sehen an den zwei Kurven deutlich die mittels des geschilderten Lichtschirmes ausgeführten zweistündlichen Unterbrechungen durch 12 helle Stellen markirt. Um $^3/_4$6 Uhr Morgens zeigt sich ein deutliches Fallen der Thermometer. Die Kurven stellen die Temperatuverhältnisse vom 7. März 1868 10 Uhr 38 Minuten Vormittags, bis zum 8. März 1868 1 Uhr 58 Minuten Nachmittags, dar. Die obere Kurve entspricht dem trockenen, die untere dagegen dem Stande des Verdunstungsthermometers.

Wenn wir diese Abbildungen genau prüfen, so finden wir, dass das Sinken des Verdunstungsthermometers unter den Stand des trockenen Thermometers und folglich auch die Feuchtigkeit der Luft zu verschiedenen Tageszeiten merklich differirt, was uns den Beweis giebt, dass Besonderheiten irgendwelcher Art — wie z. B. an der betreffenden Stelle unserer Kurve der plötzliche Temperaturwechsel — mit jenen Apparaten sehr exakt beobachtet und der Zeitpunkt des Eintrittes jener Erscheinungen sehr genau verifizirt werden können.

2. DER BAROGRAPH.

Die photographische Darstellung der täglichen Schwankungen des Luftdruckes wird durch einen dem Thermographen ziemlich ähnlichen Mechanismus bewerkstelligt, jedoch muss dabei ein besonderer Umstand Berücksichtigung finden.

Die Oberfläche der Barometer-Quecksilbersäule nämlich ändert nicht allein den Standpunkt durch den höheren oder niedrigeren Druck der Luft, sondern auch durch die Einwirkung der Wärme. Die verschiedene von Temperatureinflüssen abhängige Dichtigkeit des Quecksilbers verursacht, dass die Höhe des Barometerstandes bei verschiedenen Temperaturgraden der Kraft des atmosphärischen Druckes nicht den absolut genauen Ausdruck verleiht. So muss z. B., da bei 0° R. das Quecksilber dichter ist, als bei 16° R., die Höhe der

Säule im ersteren Falle geringer sein, als im letzteren, selbst wenn gar keine Aenderung des atmosphärischen Druckes vorhanden wäre. Zum Ausgleiche dieser Unregelmässigkeit pflegte man früher bei dem Ablesen des Barometers jedesmal die Temperatur des Quecksilbers zu messen und mittels einer Korrektionstabelle die Temperaturdifferenz durch Rechnungsabzug auszugleichen. Man hatte im Allgemeinen als richtiges Normalmass das Ergebniss des Luftdruckes auf eine Quecksilbersäule angenommen, welche eine konstante Temperatur von 0^0 R. besitzt und berechnete den wirklichen Luftdruck auf Grund dieses Verhältnisses aus der Barometerhöhe.

Der erste, welcher photographische Aufzeichnungen des Barometerstandes versuchte, war Francis Ronalds. Schon an dem ursprünglichen Barographen desselben, welcher in gewisser Beziehung als die Grundlage aller betreffenden neueren Instrumente angesehen werden muss, war eine mechanische Vorrichtung zum Ausgleich der Temperaturdifferenzen angebracht, indem Ronalds den betreffenden Mechanismus so einrichtete, dass die ganze, das Quecksilber enthaltende Röhre um so viel gesenkt wurde, als die Quecksilbersäule durch Temperatureinflüsse gestiegen war.

Zwei Misstände aber sprachen gegen diese Vorrichtung: erstens das schwere Gewicht des Barometers und zweitens die unsichere Hebemechanik, welche, wenn auch genau berechnet, doch nicht durch selbstthätige Naturkräfte bedingt war. Man suchte daher nach einer Verbesserung und fand solche in der Anwendung von Metallstäben, welche sich durch Einwirkung der Temperatur ausdehnen und zusammenziehen und durch eine einfache Vorrichtung jene Temperatureinflüsse auf die Barometersäule ausgleichen. Während die Quecksilbersäule im Barometer (Fig. 84) steigt, und durch die alsbald näher zu beschreibende Beleuchtungs-Vorrichtung E ein Bild der oberen Quecksilbergrenze durch Vermittelung des Objektivs L auf den mit sensitivem Papiere bedeckten Cylinder c geworfen wird, heben oder senken die Zinkstäbe ZZ durch eine Hebelvorrichtung den ganzen, ziemlich leichten photographischen Apparat. Diese Stäbe sind mit ihrem unteren Ende an eine Zinktafel festgenietet und stehen an ihrem oberen Ende, nachdem sie durch die Tischplatte gegangen, mit einem Hebelwerke in Berührung, dessen Stützpunkt sich vor den Barometer auf dem bei f angebrachten Metallstücke befindet; der Hebel R besteht aus einem Glasstabe, dessen kürzeres Ende mit dem Zinkstäben korrespondirt, während der äusserste Theil seines längeren Endes dicht unter den Cylinder und das sensitive Papier reicht und

mit diesem verbunden ist; auch der Lichthemmer *s* steht mit der Hebelvorrichtung in Kontakt.

In demselben Verhältniss, wie die Quecksilbersäule durch Temperatureinflüsse steigt oder fällt, dehnen sich die Zinkstäbe aus, oder sie ziehen sich zusammen. Ihre Ausdehnung gestattet ihnen nur nach oben zu wirken, weil sie unten festgenietet sind. — Steigt nun z. B. die Temperatur, so steigen auch die Zinkstäbe, somit heben dieselben

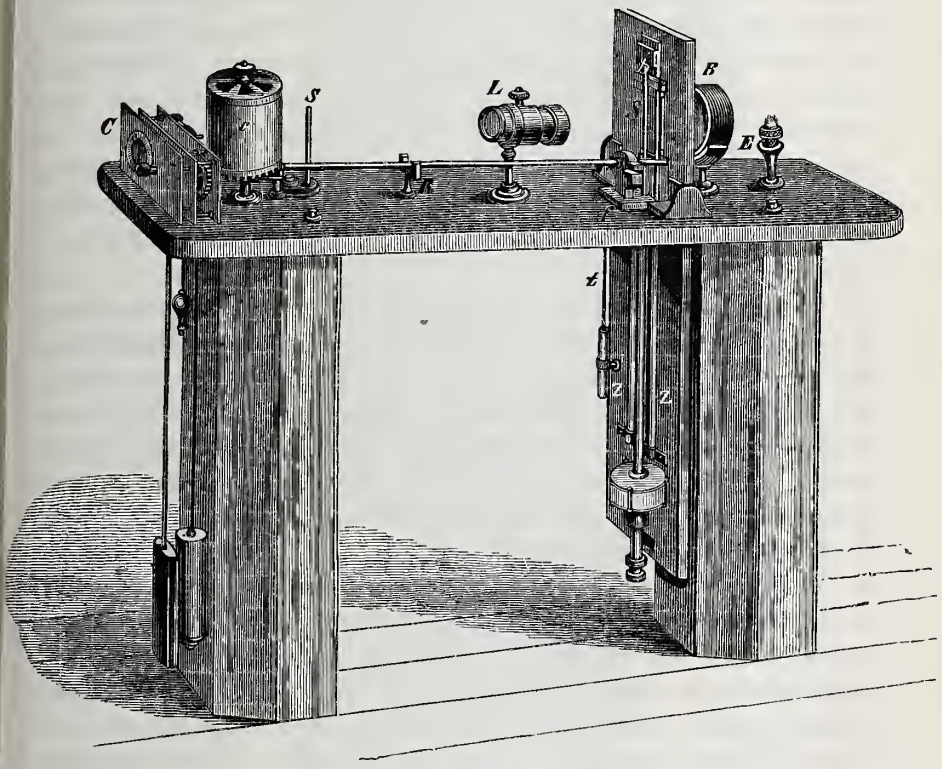


Fig. 84. Barograph.

den Glashebel an dem kürzeren Ende in die Höhe: das längere Ende und mit ihm die Lichtschreibevorrichtung *c* werden in gleichem Verhältniss sich senken, wodurch der Temperaturausgleich bewerkstelligt wird und nur die Einwirkung des Luftdruckes auf die Quecksilbersäule photographisch sich registrirt.

Ebenso wie bei dem Thermographen wird alle zwei Stunden durch den mit dem Cylinder sich hebenden und senkenden Lichthemmer *s* die Lichtwirkung auf vier Minuten unterbrochen. Während

dieser Zeit wird mit einem andern Normalbarometer die Kurve kontrolirt; man erhält dadurch die getreuen Angaben des Luftdruckes, welche zu den bestimmten Momenten mit den Angaben der barographischen Kurve in Einklang stehen müssen. Durch Vergleichung wird auch hier die grösstmögliche Genauigkeit erlangt.

Wenn zu derselben Zeit die Temperatur des Quecksilbers der Barometersäule noch besonders bestimmt wird, was man durch Eintauchen eines Thermometers in ein mit Quecksilber gefülltes enges cylindrisches Gefäss bewerkstelligt, so ergiebt sich die Temperatur der Quecksilbersäule im Barographen, sowie durch gleichzeitige Kontrolle diejenige der Zinkstäbe, wie sie zu bestimmten, mit den Punkten auf der Kurve korrespondirenden Momenten gewesen, so dass mit einiger Aufmerksamkeit jeder Fehler vermieden werden kann. Die Tabellirung der Kurve wird mit einer, analog dem oben geschilderten Thermo-Tabellirungsinstrumente konstruirten Tafel vorgenommen.

In der Abbildung des Barographen (Fig. 84) bedeutet E die Flamme (Gas oder Paraffin); B das Ochsenauge oder die Sammellinse, durch welche ein vergrössertes Bild der Flamme auf den leeren Raum über dem Quecksilber des Barometers (b) geworfen wird. Das Barometer selbst kann mit einer Schraube höher oder niedriger gestellt werden. S ist ein Spalt, welcher den über dem Quecksilber durchgelassenen Lichtstrahl verschmälert. Der Spalt ist nach oben durch das Ende des Einschnittes in der Holztafel und nach unten durch die Oberfläche des Quecksilbers begrenzt; dadurch wird beim Fallen des Barometers der beleuchtete Raum länger, beim Steigen des Barometers kürzer werden. L ist das photographische Linsensystem, mittels dessen ein Bild des Spaltes auf das den Cylinder c umgebende sensitive Papier geworfen wird. C ist das den Cylinder treibende Uhrwerk, welches auch den Lichthemmer s regiert. R ist der Stützpunkt des Hebels und $Z\,Z$ bezeichnet die oben beschriebenen Metallstäbe.

Bei der photographischen Darstellung der Luftdruckverhältnisse werden wir mit den geschilderten Apparaten keine Linienkurve, sondern eine durch eine Kurve begrenzte photographirte Fläche erhalten. Diese Fläche entsteht durch die senkrechte Lichtlinie, die sich von dem Spalte S auf den beweglichen Cylinder überträgt, sodass die nach unten stattfindende Verkürzung oder Verlängerung des Spaltes durch die auf- und absteigende untere Grenze der Fläche $A\,B\,C\,D$ Figur 85 bezeichnet wird, welche Linie dem Luftdrucke proportional

ist. Die betreffende Figur zeigt die genaue Kopie eines Barogrammes von 24 Stunden Zeitdauer, wie solches vom 7. März 1868 10 Uhr 32 Minuten Vormittags bis zum 8. März 1868 1 Uhr 58 Minuten Nachmittags zu Kew photographirt wurde. Wir ersehen aus der die schwarze Stelle des Bildes abgrenzenden Kurve BD, dass das Barometer Morgens früh kurz nach 5 Uhr am tiefsten gestanden, sich an demselben Tage gegen Mittag allmählich erhob, jedoch nicht die Höhe des vorangegangenen Tages erreichte. Um die Mittagsstunde, dann um 2, 4, 6, 8 Uhr u. s. w. sehen wir strichförmige helle Lücken in dem schwarzen Bilde; sie bezeichnen die Momente, wo der

Fig. 85. Kurve des Luftdruckes in 24 Stunden.

Lichthemmer einsprang und die Kontrolirung mittels des Normalbarometers vorgenommen wurde.

3. DER HYGROGRAPH.

Um den relativen Feuchtigkeitsgrad der Luft zu bestimmen, hat man Apparate konstruirt, welche unter dem Namen Hygrometer oder Feuchtigkeitsmesser bekannt sind. Das Grundprinzip dieser Instrumente beruht auf den hygroskopischen Eigenschaften vieler Körper, indem solche aus der Luft Wasserdämpfe in sich aufnehmen und dadurch ihr Volumen verändern. Darmsaiten, Fischbeinfasern, Haare und manches andere Material wird, wenn es Feuchtigkeit anzieht, länger, wenn es austrocknet, kürzer. Befestigt man nun ein durch Aetherwaschung entfettetes Haar (Fig. 86) mit seinem oberen Ende an eine kleine Klemme a, mit seinem unteren Ende an eine zweirinnige Rolle o, welche durch ein sehr leichtes Gewicht p, um das Haar c in Spannung zu erhalten, nach einer Seite hin ihren Schwerpunkt erhält, so wird der an der Rolle befindliche Zeiger, je nachdem sich das Haar verlängert oder verkürzt, auf dem sichtbaren Gradbogen hin und her gehen. Der Nullpunkt des Gradbogens wird gefunden, wenn das Haar in einem möglichst luftverdünnten Raume, etwa unter der Glocke einer Luftpumpe, auf deren Teller ein Gefäss mit Schwefelsäure steht, ausgetrocknet wurde; der Zeiger wird dann den höchsten Grad der Trockenheit angeben, welchen man mit Null bezeichnet. Bringt man hierauf den Apparat unter eine Glocke, die mit Wasserdünsten angefüllt ist, so wird das ausgetrocknete Haar so viel Wasser als möglich aufnehmen und sich dadurch wieder bis zu einem gewissen Grade verlängern. Man bezeichnet dann die Stellung des Zeigers mit 100 und theilt den Zwischraum in 100 Grade ein. Gay Lussac hat eine Tabelle berechnet, die einen gewissen, jedem einzelnen Hygrometergrade entsprechenden Feuchtigkeitsgehalt der Luft angiebt. Danach entsprechen:

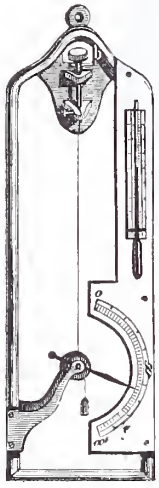


Fig. 86. Haarhygrometer.

Hygrometer-Grade:		Relative Feuchtigkeit der Luft in Prozenten:
0	=	0
10	=	4,57
20	=	9,45

Hygrometer-Grade:		Relative Feuchtigkeit der Luft in Prozenten:
30	=	14,78
40	=	20,78
50	=	27,79
60	=	36,28
70	=	47,19
80	=	61,22
90	=	79,09
100	=	100,00

Dem Nullpunkte der Tabelle ist eine Normaltemperatur der Luft von 10—12 Grad Réaumur zu Grunde gelegt.

Zur photographischen Aufzeichnung des Zeigerstandes am Hygrometer kann folgende einfache Vorrichtung dienen: der Gradbogen des Zeiger *o* Fig. 86 wird auf den Bogen eines spitzen Winkels reduzirt und in seiner ganzen Richtung mittels einer schmalen Säge ausgesägt. Hinter dieselben, in einer genügenden Entfernung, wird eine aktinisch wirksame Lichtquelle mit konzentrirenden Linsen, wie wir derartige Einrichtungen in Figur 81 und 84 abgebildet haben, angebracht, deren Strahlen so gebrochen werden müssen, dass sie den ganzen durchbrochenen Kreisbogen von 0 bis 100 Grad fortwährend beleuchten. Vor dem Hygrometer, genau in der Richtung der durch den Kreisbogen durchtretenden Lichtstrahlen, befindet sich dieselbe photographische Cylindervorrichtung, wie bei dem Thermographen und dem Barographen. Der Theil des Zeigers, welcher den durchbrochenen Kreisbogen kreuzt, wird an der betreffenden Stelle das Licht abhalten und gleichsam einen dunkeln Punkt im Kreisausschnitte darstellen. Steht der Zeiger still, so wird dieser dunkle Punkt, welcher kein Licht durchlässt, eine grade weisse Linie auf dem lichtempfindlichen, sich schwärzenden Papiere in bestimmter Höhe veranlassen; bewegt sich dagegen der Zeiger nach oben oder unten, so entsteht ein fortlaufende Kurve, welche mit Hilfe von Temperaturaufzeichnungen den Feuchtigkeitsgehalt der Luft leicht berechnen lässt.

4. DIE MAGNETOGRAPHEN.

Die photographische Aufzeichnung der magnetischen Erdströmungen verlangt weit komplizirtere Einrichtungen, als alle diejenigen, welche wir bis jetzt zu ähnlichen Zwecken kennen gelernt haben. Der Grund dieser Schwierigkeiten liegt in der Verschiedenheit der

Kraftäusserungen, welche bei den magnetischen Strömungen der Erde berücksichtigt werden müssen, und die Deklination, die Inklination und die Intensität der Magnetnadelbewegungen bedingen.

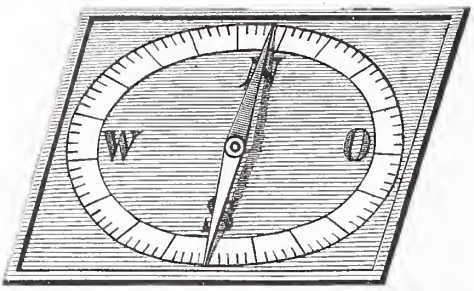


Fig. 87. Deklinationsmagnetnadel (Kompass).

Unter der Deklination oder der Abweichuug versteht man bekanntlich den Winkel, welchen der astronomische Meridian eines Ortes mit dem magnetischen Meridian der Magnetnadel macht, oder vielmehr mit der Ebene, welche man sich durch die magnetische Achse eines im Gleichgewichte befindlichen querschwebenden Magneten gelegt denkt. Solche Instrumente sind die Horizontalgalvanometer, die mit einer Kreistheilung versehen, durch Rechts- oder Links-Ausschlagen der Nadel den Grad der östlichen oder westlichen Deklination angeben (Fig. 87).

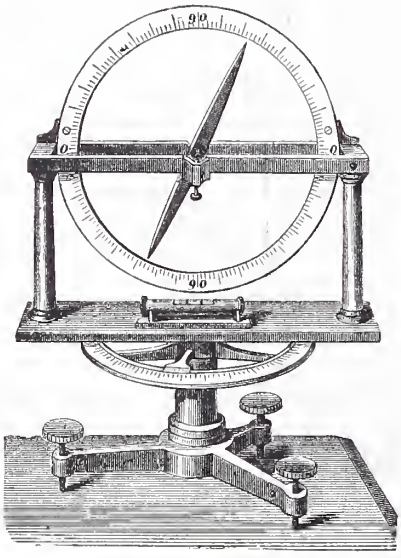


Fig. 88. Inklinationsmagnetnadel.

Stellt man eine Magnetnadel senkrecht, d. h. hängen wir dieselbe so auf, dass sie sich nicht in horizontaler, sondern nur in vertikaler Richtung drehen kann, so bleibt sie nicht mehr senkrecht stehen, sondern bildet mit der durch ihren Mittelpunkt gehenden Horizontalebene einen Winkel, welcher die sogenannte magnetische Inklination anzeigt; die Apparate zur Messung des genannten Winkels nennt man Inklinatorien (Fig. 88). Während die deklinatorische Kraft nach den beiden Polen sich verringert, nimmt die inklinatorische nach dem Aequator hin allmählich ab, wobei sich rings um die Erde herum ein Kreis ergiebt, in dessen Bereich die Magnetnadel von beiden Polen gleich stark angezogen

wird, mithin die Inklination zu einem oder dem anderen Pole aufhört und die Nadel wagrecht steht; dieser Kreis ist der magnetische Aequator.

Ausser der Deklination und Inklination der Magnetnadel, welche die Richtung der Kraft andeuten, ist noch die magnetische Gewalt beider Ströme, die sogenannte Intensität des Erdmagnetismus, in Berücksichtigung zu ziehen, gleichsam das die beiden genannten Erscheinungen ergänzende Moment. Diese Kraft wird durch den Widerstand gemessen, welchen eine angebrachte mechanische Hemmung der magnetischen Bewegegung entgegensetzt. Wird ein Magnetstab an zwei Metallfäden aufgehängt, so befindet er sich nur dann im Gleichgewicht, wenn die beiden Fäden in einer Ebene liegen. Sobald man aber den Stab etwas dreht, so werden die Fäden spiralförmig um einander gewunden, und ihre Spannung bedingt das Bestreben wieder in ihre frühere Stellung zurückzukehren. Während nun die beiden Fäden immer in einer Ebene zu verharren sich bestreben, äussert der Erdmagnetismus eine gewisse Kraft auf die Magnetnadel oder den Magnetstab, um solchen aus seiner den Fäden parallelen Richtung herauszudrehen und die Axe des Magnetstabes in den magnetischen Meridian zu stellen. Bei *a b c d* (Fig. 89) ist eine Kreisschraube angebracht, durch welche man den in horizontaler Ebene schwingenden Magnetstab beliebig stellen kann. Diese Schraube wird nun so lange gedreht, bis ein Gleichgewicht zwischen

Fig. 89. Messinstrument der magnetischen Kraft.

der magnetischen Kraft und der Spannung der Fäden erzielt ist, wobei die Axe des Magnetstabes rechtwinkelig auf dem magnetischen Meridian zu stehen hat; die geringste Veränderung der Intensität oder der Kraft des Erdmagnetismus wird eine Aenderung der Lage des Magnetstabes bedingen, welcher alsdann die Differenz der Kraft des magnetischen Stromes anzeigt und dessen Angaben mit Hilfe eines Gradbogens abgelesen werden können.

Die beständigen Schwankungen der magnetischen Erdströmungen werden an den verschiedensten Orten der Erde Jahr aus Jahr ein

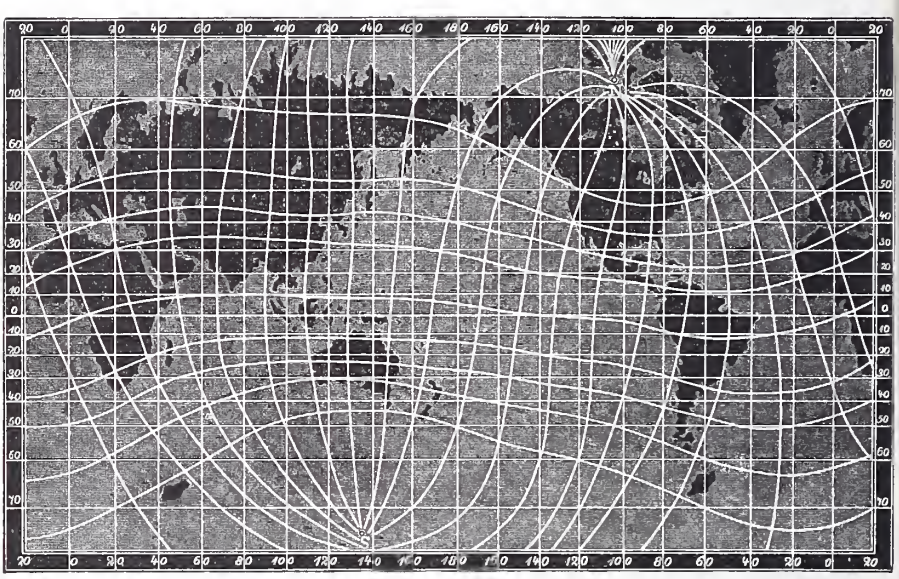


Fig. 90. Verbreitung der magnetischen Strömungen auf der Erde.

beobachtet, um aus der Vergleichung der betreffenden Resultate das Gesetz zu ergründen, von welchem alle diese Erscheinungen abhängig sind. Die an vielen Orten gleichen magnetischen Verhältnisse lassen sich durch bestimmte Kurvenformen auf einer Abbildung der Erdoberfläche darstellen, und man hat auf diese Weise für die Deklination, die Inklination und die Intensität drei verschiedene Kurvensysteme in die Karten eingetragen, welche die isogonischen (gleichwinkeligen), die isoklinischen (gleichgeneigten) und die isodynamischen (gleichkräftigen) Kurven genannt werden (Fig. 90).

Jedoch variiren diese Kurven im Laufe der Jahre mannichfach; so zeigte z. B. in Paris im Jahre 1580 die Magnetnadel 11^0 30′

östliche Abweichung, ging dann bis zum Jahre 1814 auf 22° 34′ westlich; seit dieser Zeit ging sie wieder sehr zurück, zeigte in Paris im Jahre 1852 20° 34′ und am 1. Januar 1876 — mit einem jährlichen Abnehmen von 0° 16′ — 17° westliche Abweichung.

Ausser diesen unaufhörlichen geringen Aenderungen der magnetischen Kräfte, die alle von gleichartigen Ursachen hervorgerufen zu sein scheinen, treten plötzlich hier und da grössere magnetische Störungen auf, welche eine so bedeutende Unruhe und so grosse Ausschläge der Magnetnadel im Gefolge haben, dass man sie magnetische Stürme benannt hat. Diese Stürme pflanzen sich rasch über die ganze Erdoberfläche fort und wirken theils in Form beträchtlicher Hin- und Herbewegungen, theils in Form plötzlicher Stösse auf die Magnetnadel ein. Für die Schiffahrt sind diese magnetischen Störungen deshalb von grosser Bedeutung, weil denselben meist nach einigen Stunden Stürme auf dem Meere folgen. Die magnetischen Observatorien sind oft im Stande, derartige Stürme vorauszusagen und durch Telegramme nach den Hafenplätzen die Schiffe am Auslaufen noch rechtzeitig zu verhindern. Unsere Fig. 91 zeigt eine getreue Abbildung des Photogramms einer magnetischen Sturm-Kurve, wie solche im Jahre 1862 vom 13. Dezember 10 Uhr 24 $^1/_2$ Min. Vorm. auf den 14. Dezember 10 Uhr 16 Minuten im Observatorium zu Kew photographisch aufgezeichnet wurde, während die ziemlich gerade laufende mittlere gleichmässigere Linie eine normale Kurve des folgenden Tages (14. Dezember 1862, 10 Uhr 15 Minuten bis 15. Dezember 1862 10 Uhr 6 Minuten) andeutet.

Fig. 91. Magnetische Sturmkurve.

Wir werden im Folgenden die Apparate beschreiben, mit welchen solche Kurven gewonnen werden. Die Originalabbildungen zu den aufgenommenen Illustrationen wurden uns, ebenso wie diejenigen für den Thermo- und den Barographen von der Direktion der Sternwarte zu Kew gütigst übermittelt.

Derartige Instrumente sind daselbst in einem der unteren Zimmer eines Observatoriums aufgestellt, dessen Dach sich nicht viel über das Niveau des Erdbodens erhebt. Ein das Gebäude umschliessendes Gewölbe schützt vor Feuchtigkeit und vor Einwirkung des Temperatur-

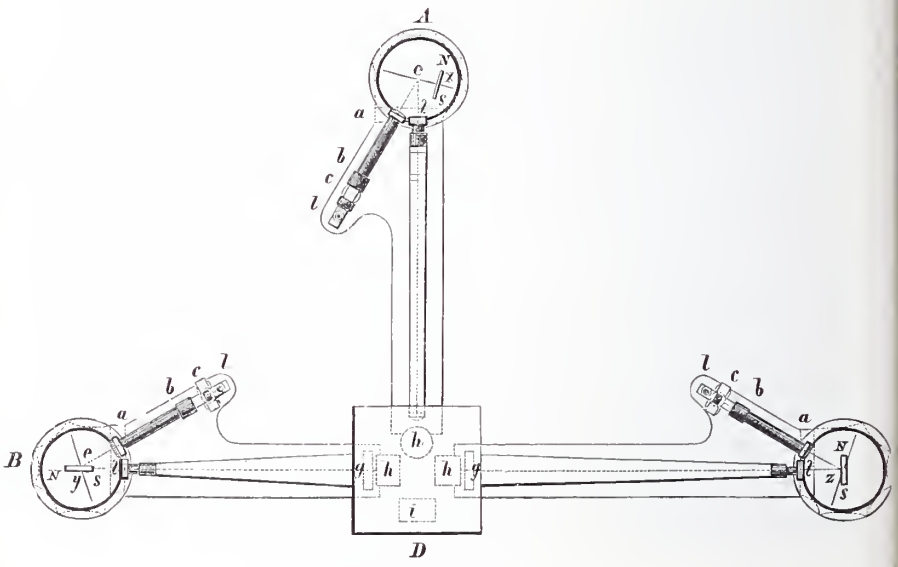


Fig. 92. Grundriss der Magnetographen.

wechsels. Das Aufnahmezimmer hat die Form eines Oktogons, und misst im Durchmesser 7, in der Höhe $5\,^1/_3$ Meter. Es erhält das Tageslicht nur durch orangegelb gefärbte Scheiben, welche bekanntlich die meisten chemisch wirksamen Lichtstrahlen ausschliessen.

Vier aus Stein gebaute Säulen $A\,B\,C\,D$ (Fig. 92) sind fest in den Boden eingemauert. Die Mittelpunkte der Pfeiler $B\,C\,D$ befinden sich in einer zum magnetischen Meridian perpendikulären Linie, während der Mittelpunkt des Pfeilers A sich in der Linie des Meridians befindet, welche Eigenschaft auch der Pfeiler D theilt, in welchem sich die zwei Richtungen kreuzen. Die Säulen $A\,B$ und C tragen die drei Magnetographen, die Säule D trägt die nöthigen

registrirenden Cylinder und das dieselben bewegende Uhrwerk. In Figur 92 ist der Grundriss der gesammten Vorrichtung ersichtlich, während Figur 93 das Lichtzuleitungsrohr, welches sich an den drei Magnetographen wiederholt, im Querschnitt zeigt.

In Figur 92 bezeichnet l eine Gasflamme, deren Brenner eine schmale linienförmige, $^1/_{100}$ Zoll breite und $^3/_4$ Zoll lange Oeffnung hat; c ist ein aus 2 sogenannten Ochsenaugen bestehendes Linsensystem, welches das Licht auf einen schmalen Spalt bei b zu sammeln bestimmt ist. Durch diese optische Vorrichtung wird dem in einiger Entfernung befindlichen Lichte dieselbe Wirksamkeit verliehen, die es besässe, wenn es sich dicht am Spalt befinden würde. In d ist ein solcher Spalt in horizontaler Richtung, wie er sich an dem

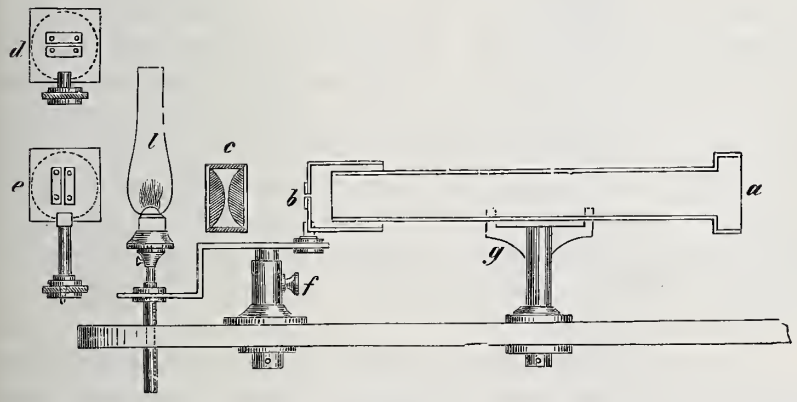


Fig. 93. Lichtleitungsrohr des Magnetographen.

Inklinations-Magnetographen, in e ein vertikaler Spalt, wie er sich an dem Deklinations- und dem Intensitäts-Magnetographen befindet, besonders abgebildet.

Mittels einer Vorrichtung f können Gasflamme, Doppellinse und Spalt einander genähert und von einander entfernt werden.

Das den Spalt passirende Licht geht durch die bedeckte Röhre $b\,a$ zu einer plankonvexen achromatischen bei a (vergl. Fig. 92) befindlichen Linse, welche es auf zwei halbrunde Spiegel, die ihren Mittelpunkt in e haben, konzentrirt. Der untere Spiegel S' (Fig. 94) ist an ein Marmorstäbchen gekittet; der den unteren beinahe berührende obere Spiegel S ist an einem lose aufgehängten Magneten befestigt und bewegt sich mit demselben. Nachdem das Licht den

Spiegel *e* (Fig. 92) verlassen, wird es in der Richtung *e f g* gebrochen, um durch eine bedeckte Röhre *f g* bis auf die mit sensitivem Papier überzogenen Cylinder *h* geführt zu werden.

Die Linse *f* (Fig. 92) hat eine sehr bedeutende Brennweite, sodass die durch den Spalt *b* gehenden Strahlen erst auf dem Cylinder in einen Punkt vereinigt werden. Um diesen Lichtpunkt zu erhalten, ist die Linse *f* halbcylindrisch geschliffen, sodass deren Fokus auf dem Cylinder die Strahlen des vertikalen Spalts *b* in oben genannter Form vereinigt.

Aber nur wenn beide Spiegel *S* und *S'* (Figg. 94, 95, 97, 98) sich in einer Ebene befinden, erhalten wir einen Punkt auf dem Cylinder. Ist jedoch die Ebene des einen, festen Spiegels zu der des andern, lose hängenden, in einem Winkel geneigt, so werden die Strahlen des einen Spiegels nicht in gleicher Richtung mit denjenigen des anderen reflektirt werden, und also auch auf einem anderen Punkte des Cylinders sich vereinigen. In diesem Falle werden zwei, durch die halbcylindrische Linse zu Punkten verdichtete Bilder des Spaltes die Fläche des Cylinders erreichen. Die Entfernung dieser beiden Lichtpunkte von einander wird dem Neigungswinkel beider Spiegel entsprechen, und folglich, da der eine derselben fest steht, der andere sich mit dem Magneten bewegt, die jeweilige Stellung des Magneten sicher aus der Stellung der genannten Lichtpunkte herzuleiten sein.

Der mit sensitivem Papier bekleidete Cylinder bewegt sich durch ein Uhrwerk (Figur 102) einmal in 24 Stunden um seine Achse, sodass der vom festliegenden Spiegel herrührende Punkt eine gerade, der vom beweglichen herrührende eine den Bewegungen des Magneten entsprechende Kurve beschreiben muss. Da aber die Magnete sich durch horizontal und vertikal wirkende Kräfte unterscheiden, so muss auch hierauf bei der photographischen Darstellung Rücksicht genommen werden.

Die Anordnung der horizontal wirkenden Instrumente gleicht in allen Stücken den vertikal wirkenden mit dem Unterschiede, dass im Deklinations-Magnetographen (Fig. 94 und 95) die Spiegel sich in horizontaler Richtung bewegen, während am Inklinations-Magnetographen (Figur 97 und 98), entsprechend der Bewegung der Magnetnadel, auch die Spiegel sich in vertikaler Richtung drehen.

a. DER DEKLINATIONS-MAGNETOGRAPH.

(Figg. 94 und 95.)

Der wichtigste Theil dieses Instrumentes ist der an einem mit Wachs getränkten Seidenfaden bei *b* (Fig. 94) aufgehängte Deklinationsmagnet *D*; derselbe besteht aus einem rechteckigen 5,4 englische Zoll langen, 0,8 Zoll breiten und 0,1 Zoll dicken Eisenstäbchen, welches mit dem halbkreisförmigen beweglichen Spiegel *S* in Verbindung steht; unter dem letzteren ist der zweite Spiegel *S'* auf einen runden Marmorsockel festgekittet. Beide Spiegel sind mit grosser Sorgfalt glatt geschliffen und bleiben, wenn keine magnetische Bewegung auf sie einwirkt, in einer Ebene. Um den Magneten ist ein viereckiger kupferner Dämpfer *K* zur Vermeidung der Magnetoscillationen, sowie zum Zwecke sofortiger mechanischer Hemmung der magnetischen Bewegung überhaupt, angebracht. Der Seidenfaden, an welchem der Magnet hängt, geht durch einen durchbohrten Messingbügel über eine Aufhängewalze *a* und kann durch einen Drehungszirkel *b* festgestellt werden.

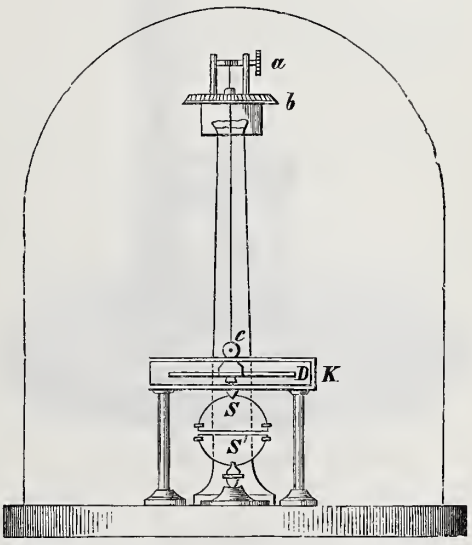


Fig. 94. Deklinations-Magnetograph im Aufriss.

Dieser Deklinations-Apparat steht ebenso wie die beiden zur Messung der Inklination und Intensität verwendeten Instrumente unter einer Glasglocke, welche auf einem 20 englische Zoll breiten und 1,2 Zoll dicken Marmorblöckchen hermetisch anschliessend aufsitzt. Dieses Glas ist inwendig zum Theil vergoldet, um die mit den hineingeleiteten Lichtstrahlen von aussen eindringende Wärme zu absorbiren, damit feine Luftströmungen, welche ein geringer Temperaturwechsel hervorzubringen im Stande ist, vermieden werden, während ein im Innern des Glasbehälters stehendes, mit Chlorcalciumstückchen gefülltes Gefäss die Feuchtigkeit absorbirt. Der obere nicht vergoldete Theil des Glasbehälters ist von aussen mit einer abnehmbaren Tuchhülle versehen.

Etwas über dem unteren Rande sind in die Glasglocke zwei Oeffnungen eingebohrt; die eine dieser Oeffnungen ist mit einer Konvexlinse verschlossen, während in die andere ein parallelwandiges Glas befestigt ist; die letztere Oeffnung ist nach dem photographischen Apparate, die erstgenannte nach der Lichtquelle gerichtet. Das die Apparate tragende Marmorblöckchen ist auf einen soliden, $1^1/_3$ Meter hohen Pfeiler von Portland-Zement aufgekittet und in der Gesammtansicht des Deklinations - Magnetographen (Fig. 95) ersichtlich.

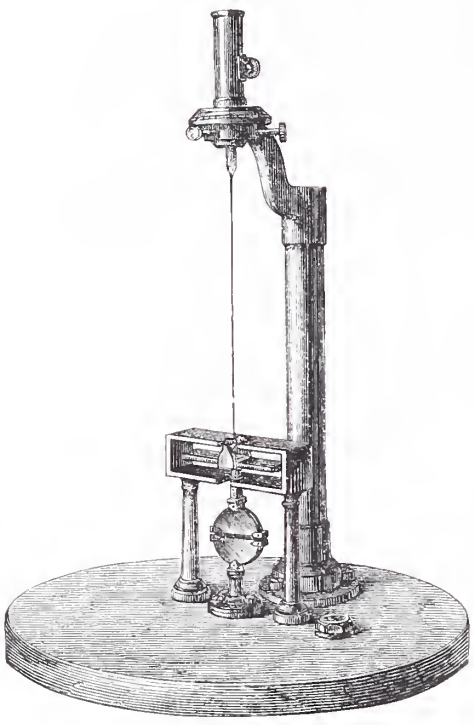


Fig. 95. Deklinations-Magnetograph.

Die von der Lichtquelle kommende, oben geschilderte Lichtleitungsröhre (Fig. 93 S. 131) mündet in die mit der Linse geschlossene Oeffnung der Glasglocke ein, während das zu dem photographischen Apparate (*D* Fig. 92 S. 130) führende Rohr an das oben erwähnte parallelwandige Glas grenzt. Man vergleiche hierzu die Abbildung Figur 103.

Fig. 96. Deklinationskurven vom 13. August 1859, 10 Uhr 24 Min. Vorm. bis 14. Aug. 10 Uhr 10 Min., und vom 14. Aug. 1859, 10 Uhr $13^1/_2$ Min. Vorm. bis 15. Aug. 10 Uhr 16 Min. Vorm.

Nachdem das Licht (*l* Fig. 93) den Kondensor *c* und den Spalt *b* passirt hat, fällt es auf die halbcylindrische Linse *a* und gelangt von hier aus auf die beiden Spiegel (*e* Fig. 92 S. 130), welche in gleicher Höhe mit der Linse *a* sich befinden und in einem Winkel von 15 Grad

zur Axe des Magneten gestellt sind. Da der Winkel *a e f* (Fig. 92) 30 Grad beträgt und *e f* perpendikulär zum magnetischen Meridian geneigt ist, wird die genannte Stellung des Spiegels nothwendig, um den Strahl *a e* in der Richtung von *e f* weiter senden zu können.

Die Entfernung von der Lichtquelle zu dem Spalte *b* beträgt 6 englische Zoll, von da bis zur Linse *a* 17,7 Zoll; von der Linse zum Mittelpunkt des Spiegels 8,1 Zoll; das die Zinkröhre *f g*, welche den Pfeiler des Deklinations-Magnetographen mit dem Centralpfeiler verbindet, passirende Licht hat einen Weg von 78 Zoll zu durchsetzen; es beträgt demnach die Entfernung von der Lichtquelle bis zu dem sensitiven Papiere 109,8 Zoll englisches Mass. 1,2 Zoll vor dem sensitiven Papiere befindet sich noch die plankovexe Konzentrationslinse *g*, welche alle durch das Zinkrohr tretenden zerstreuten Strahlen auf einen Punkt konzentrirt (Fig. 92).

b. DER INKLINATIONS-MAGNETOGRAPH.

(Figg. 97 und 98.)

Ein dem Deklinationsmagneten analoger Eisenstab (*D* Fig. 97) wird bei diesem Instrumente durch eine messerartige Kante von Stahl, welche in einer Achatrinne balancirt, in Gleichgewicht gehalten (*a* Fig. 97). Der Magnet ist an einer Seite mit einer horizontal, an der anderen Seite mit einer vertikal wirkenden Schraube versehen, mittels welcher der Schwerpunkt mehr nach der einen oder der anderen Seite verlegt werden kann. Ebenso ist es möglich, den Magneten hoch oder niedrig zu stellen, um durch freieres oder mehr gehemmtes Schweben die Sensibilität des Instrumentes erhöhen und vermindern zu können.

Die Schrauben sind so gestellt, dass der Schwerpunkt des Magneten in dessen Südseite liegt, welches Uebergewicht theils durch die magnetische Kraft, welche danach strebt das nördliche Ende herunter zu ziehen, neutralisirt, theils durch ein gegen Norden horizontal herausstehendes Stückchen Messing ausgeglichen wird. Angenommen das Ganze stünde bei einer gewissen Temperatur im Gleichgewicht, so würde durch die grössere Ausdehnungsfähigkeit des Messings das Gewicht an der Nordseite sich schneller senken als dasjenige an der südlichen. Es wird also ein leichtes Uebergewicht stattfinden, und dieses kann so eingerichtet werden, dass es in grossem Masse den Ausfall magnetischer Kraft, welcher durch die Vermehrung der Temperatur hervorgebracht wird, neutralisirt. Die Ebene des

Inklinations-Magneten befindet sich 15 Grad ausserhalb des magnetischen Meridians.

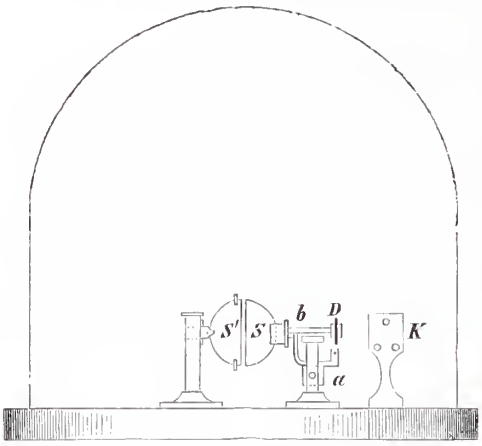


Fig. 97. Aufriss des Inklinations-Magnetographen.

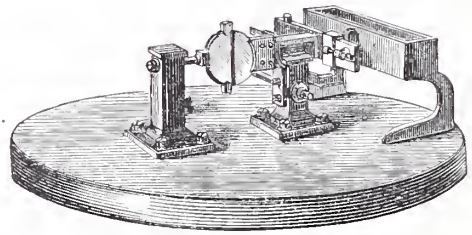
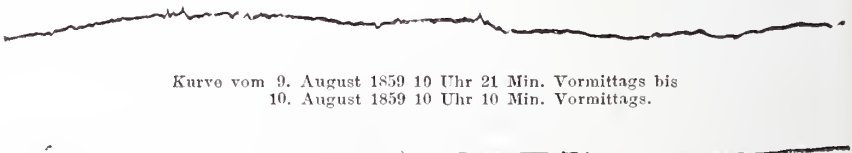


Fig. 98. Ansicht des Inklinations-Magnetographen.

Der Doppelspiegel dieses Instruments bewegt sich zur Hälfte S (Fig. 97) mit dem Magneten, während der Spiegel S' befestigt ist. Vermittels eines Hebels kann der Magnet, wenn nöthig, von aussen aus seiner balancirenden Stellung gebracht werden. — Innerhalb der Glashüllen dieser Instrumente sind Thermometer angebracht, durch welche die Temperatur genau bestimmt werden kann. An diesem Magnetographen ist der Lichtspalt horizontal (*d* Fig. 93), die halb-cylindrische Linse und der Cylinder vertikal. Der Brenner der Flamme ist doppelt so gross, als der der beiden anderen Magnetographen. Alle anderen Einrichtungen sind ganz dieselben wie bei dem vorigen. Die Entfernung zwischen Spalt und Linsen beträgt



Kurve vom 9. August 1859 10 Uhr 21 Min. Vormittags bis
10. August 1859 10 Uhr 10 Min. Vormittags.

Kurve vom 10. August 1859 10 Uhr 13 Min. Vormittags bis
11. August 1859 10 Uhr 10 Min. Vormittags.

Fig. 99. Inklinationskurven oder Kurven der vertikalen Kraft.

17,6 Zoll, zwischen Linse und Spiegel 8.1 Zoll. zwischen Spiegel und Cylinder 6',

c. DER INTENSITÄTS-MAGNETOGRAPH.

Dieses Instrument ist in Fig. 100 dargestellt. Magnet, Spiegel und Linse sind in jeder Beziehung gleich denen des oben beschriebenen Deklinations-Magnetographen, und besteht seine Eigenthümlichkeit nur in der Art der Aufhängung des Magneten. Ein am Rande ausgehöltes Rad von 0,3 Zoll im Durchmesser ist mit seiner Axe zwischen den Tragfäden so befestigt, dass die Ebene des Rades sich in der Längenrichtung des Magneten befindet.

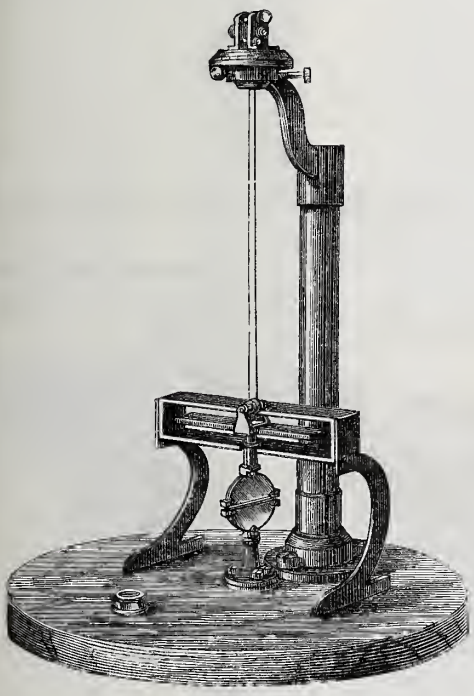


Fig. 100. Intensitäts-Magnetograph.

Die Aufhängefäden bestehen aus Stahldraht, welcher sich bekanntlich nur sehr wenig ausdehnt. Dieselben sind um das Rad gewunden, und beide Enden oben an der Aufhängerolle so befestigt (Fig. 89 S. 127), dass sie etwas oberhalb dieser Rolle in eine Schraube einmünden, welche, wenn sie nach rechts gedreht wird, den einen, wenn sie nach links gedreht wird, den anderen Draht berührt. Es kann dadurch die Entfernung zwischen beiden Drähten so verändert werden, dass die Drähte dem Durchmesser des Rades entsprechend sich von einander entfernen und ihrer ganzen Länge nach aus einander stehen.

Angenommen, der Magnet befände sich in der Richtung des magnetischen Meridians. Nun drehen wir den Drehungszirkel so, dass der Magnet eine zum magnetischen Meridian rechtwinkelige Stellung einnimmt. Um dieses zu erreichen, müssen wir den Drehungszirkel um einen Winkel drehen, der grösser als 90 Grad ist, folglich wird die Ebene der Drähte oben verschieden von der Ebene der Drähte weiter unten sein. Die Differenz beträgt ungefähr 35^0 56′.

Der Aufhängefaden hat eine Länge von 11,6 Zoll. Wenn nun der Lichtstrahl in der Richtung *a e* (Fig. 92) auf den Spiegel fällt, so muss er auch hier in der Richtung *e f* auf das sensitive Papier weiter geworfen werden, und er wird seine Richtung ändern, je nachdem

Fig. 101. Intensitätskurven, oder Kurven der horizontalen Kraft.

Oben: vom 9. August 1859, 10 Uhr 21 Min. Vorm. bis zum 10. August 1859, 10 Uhr 10 Min. Vorm.
Unten: vom 10. August 1859, 10 Uhr 13 Min. Vorm. bis zum 11. August 1859, 10 Uhr 10 Min. Vorm.

die magnetische Kraft sich bemüht, die 2 gedrehten Fäden wieder in die parallele Stellung zu bringen.

Die an die Beschreibung der einzelnen Instrumente sich anschliessenden Kurvenabbildungen (Fig. 96, 99 und 101) sind nach

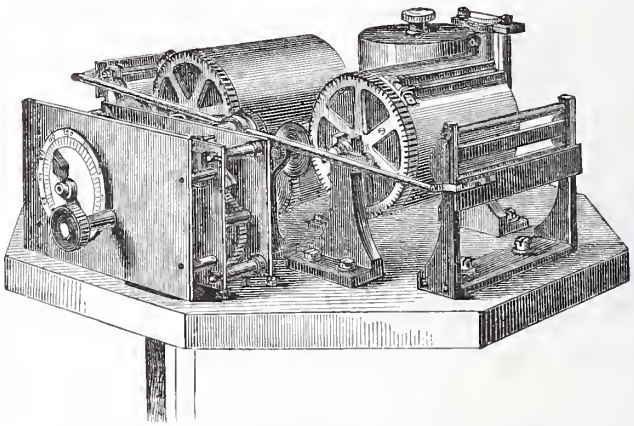


Fig. 102. Uhrwerk des Instrumentes mit 3 Walzen.

den photographischen Originalkurven, welche eine Länge von 18 Zoll haben, verkleinert.

Figur 102 giebt eine genaue Darstellung des photographischen Uhrwerks; die drei Cylinder, von je $6\,^1/_2$ Zoll Länge und 6 Zoll Durchmesser, sind mit einer fein polirten Silberschicht bedeckt. Das Uhrwerk dreht durch übersetzende Räder die Cylinder in 24 Stunden

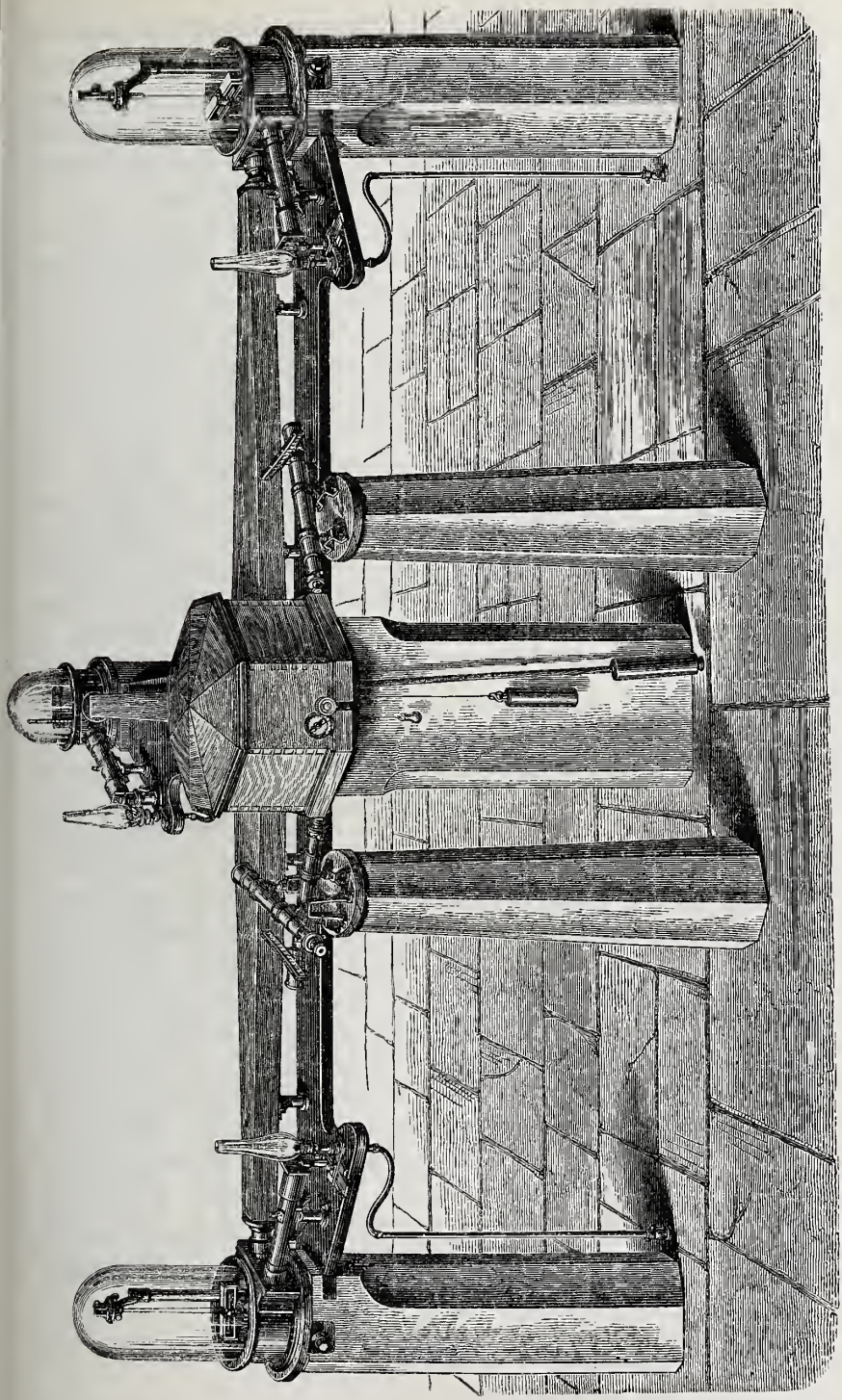


Fig. 103. Gesammtansicht der Magnetographen zu Kew.

einmal um ihre Axe. Der Cylinder für den Inklinations-Magnetographen steht senkrecht, während die beiden anderen wagerecht befestigt sind. Die verschiedene Lage derselben, sowie die entsprechende Befestigung des sensitiven Papieres, welches mittels silberner Querstangen festgeschraubt wird, finden in der verschiedenen Stellung der oben geschilderten Spiegel ihre Begründung.

Was den photographischen Prozess bei diesen Instrumenten anlangt, so wird ein geeignetes Papier von gleichmässiger Textur mit einer gemischten Lösung (1 Theil Jodkalium auf 30 Theile Wasser zu 1 Theil Bromkalium auf 22 Theile Wasser) bestrichen und getrocknet, dann im Silberbade (3 Theile salpetersaures Silberoxyd auf 30 Theile Wasser) sensibilisirt. Das Jodbrompapier hat einige Minuten auf dem Silberbade zu schwimmen und wird dann abermals zum Trocknen aufgehängt. Das getrocknete Papier ist in der oben erwähnten Weise an die Cylinder zu befestigen; das Bild wird nach 24stündiger Wirkung mit einer konzentrirten Pyrogallussäurelösung hervorgerufen, gewaschen, mit unterschwefligsaurem Natron (1 : 4) fixirt, dann durch fleissiges Begiessen und 24stündiges Auswässern gereinigt. Das einfachere Gelatine-Bromsilber-Verfahren ist auch auf diesem Gebiete wissenschaftlicher Arbeit neuerdings eingeführt worden.

Unser Figur 103, welche wir der Güte des Herrn Samuel Jeffery, Superintendent des Kew-Observatoriums, verdanken, giebt eine vorzügliche Gesammtansicht der betreffenden Einrichtungen. Wir sehen hier auf vier steinernen Säulen die Apparate aufgestellt: rechts vom Beschauer den Deklinationsmagneten, links den Intensitätsmagneten und im Hintergrunde in der Höhe den Inklinationsmagneten, in der Mitte befindet sich unter einem achteckigen Holzkasten das Uhrwerk und die photographische Einrichtung. Letztere steht durch gedeckte eckige Röhren mit den drei Magneten und deren Beleuchtungsvorrichtungen in Verbindung. Die im Vordergrunde stehenden zwei schmäleren Säulen tragen drei vorzügliche Fernrohre, welche zur direkten Beobachtung auf die drei Magnete gerichtet sind, um die photographischen Kurven mit den Ablesungen am Mikrometer vergleichen zu können. Die Abbildung ist von dem früheren Direktor des Kew-Observatoriums Mr. John Welsh gezeichnet; die Einrichtungen sind von Mr. R. Beckley konstruirt und stehen unter der kontrolirenden Direktion des Magnetbeobachters am Kew-Observatorium Mr. G. M. Mipple.

5. PHOTOGRAPHIE IN DEN MEERESTIEFEN.

Auch die Temperatur in den Tiefen des Meeres, sowie die Richtung der Meeresströmungen wird nach Angabe des Vorstandes des Hydrographischen Bureaus in Berlin, Dr. Neumeyer's, mit Hilfe von photographischem Papiere bestimmt. In einer grossen verschlossenen Büchse von Kupfer befinden sich eine Magnetnadel, ein Thermometer und eine elektrische Batterie. Sowohl dem Thermometer entlang, als auch rund um die Windrose der Magnetnadel läuft eine Geissler'sche mit Stickstoff gefüllte Glasröhre, welche beim Durchgang des elektrischen Stroms mit violettem Lichte leuchtet und dadurch eine äusserst kräftige photographische Wirksamkeit besitzt oder eine kleine elektrische Glühlichtlampe.

Hinter dem Thermometer, gegenüber der beleuchteten Röhre, befindet sich eine Rolle mit Lichtpauspapier. Dieses bräunt sich unter dem Einflusse des elektrischen Lichtes. Das Quecksilber des Thermometers lässt das Licht nicht durch, unmittelbar dahinter bleibt demnach das Papier weiss. Man ersieht also aus der Stelle, bis zu welcher das Papier geschwärzt ist, wie der Stand des Quecksilbers in der Tiefe gewesen und berechnet daraus die Temperatur.

Den Stand der Magnetnadel erfährt man ebenso. Unter der Nadel liegt ein zweites Stück lichtempfindlichen Papiers und an der Nadel selbst befindet sich ein kleines Brennglas, welches das sich entwickelnde elektrische Licht auf das Papier konzentrirt, wodurch der Stand der Nadel photographisch markirt und die Nordrichtung derselben stets fixirt wird.

Der ganzen Büchse entlang ist ausserhalb ein fahnenartiger Ansatz, der ähnlich wie ein Steuer wirkt, befestigt, welcher veranlasst, dass die Büchse sich im Wasser immer der Stromrichtung parallel stellt. Da die Magnetnadel sich immer nach Norden dreht, so ist ihre Stellung zum Ansatzstück der Büchse in verschiedenen Lagen eine veränderliche; auf dem photographischen Papier ist die Richtung, in welcher der fahnenartige Ansatz an die Büchse befestigt ist, durch eine Linie bezeichnet. Wird nun der Apparat in das Meer versenkt, so giebt der photographirte Winkel, den die Magnetnadel mit jener Linie bildet, genau die Stromrichtung, das theilweise geschwärzte Papier die Temperatur in den Meerestiefen an. Das Stickstofffunkenlicht, obgleich schwach für das Auge, wirkt photochemisch doch so kräftig, dass schon nach 3 Minuten das Papier merklich gebräunt ist. Mittels des modernen Glühlichts wird die Färbung rascher, intensiver, und mit einfacheren Mitteln erzielt.

Ausserdem hat ein Mr. Bazin unter Wasser Photographien dargestellt, indem er mit Hilfe des elektrischen Lichtes den Meeresboden direkt beleuchtete. Sein photographisches Atelier bestand aus einem Kasten von starkem Eisenblech, der kreuzweise verankert war, und das Licht durch linsenförmige, wasserdichte Fenster einliess. Er konnte etwa zehn Minuten lang bequem in demselben verweilen. Mr. Bazin hat in einer Tiefe von nahezu 100 Meter gearbeitet und scharfe, gut ausgeführte Photographien geliefert, die darauf berechnet waren, die Wiedererlangung versunkener Gegenstände zu ermöglichen.

Auch ein englischer Ingenieur E. G. Carey versuchte auf dem Meeresgrunde Photographien in einer Taucherglocke vorzunehmen, die ihm jedoch infolge des nebligen Dunstes, welcher sich in der Glocke entwickelte, trotz des höchst intensiven elektrischen Lichtes von drei Bogenlampen zu je 1200 Kerzen nicht gelungen sind. Um das Desiderium erfüllt zu sehen, direkte Photographien vom Meeresboden zu erlangen, müssten unbedingt, was nicht zu den Unmöglichkeiten gehört, Objektive konstruirt werden, welche der Verschiedenheit der Brechungsverhältnisse von Wasser und Luft Rechnung tragen. Dann dürfte die unterseeische Photographie für die Wissenschaft von hoher Bedeutung werden. An der unteren Seite einer wasserdicht geschlossenen Kamera wäre ein in erwähnter Weise konstruirtes, möglichst weitwinkliges Linsensystem anzubringen, welches auf Gegenstände von bestimmter Entfernung scharf einzustellen wäre, sodass die in einer Entfernung von z. B. 3 Metern befindlichen Gegenstände auf der dem Objektive gegenüber liegenden empfindlichen Platte scharf aufgenommen würden. An den unteren vier Ecken des Kastens wären etwas über 3 Meter lange, nach unten auseinandergehende eiserne Stangen anzubringen. Zwischen je zwei Stangen wäre je eine grosse Glühlichtlampe von mindestens 50 Kerzenstärken (Bernstein-Glühlichtlampe Bd. I. S. 150) anzubringen, deren wohlisolirte Leitungen nach oben führen müssten. Würde nun eine derartige Vorrichtung, genügend beschwert, senkrecht in das Meer versenkt, sodass die vier eisernen Stützen, auf dem Meeresboden angelangt, fest stehen bleiben müssten, so könnten in dieser Weise einfach durch Drücken auf einen Kontakt, welcher die 4 Glühlampen zum Leuchten bringt, Photographien vom Meeresgrunde aufgenommen werden, ohne dass man einer Taucherglocke bedürfte oder dass ein Mensch mit in die Tiefe sich hinabzulassen genöthigt wäre. Auch das Oeffnen und Schliessen des Objektives könnte mit Leichtigkeit auf elektromagnetischem Wege bewerkstelligt werden.

6. PHOTOGRAPHISCHER FLUTENMESSER.

An vielen Küstenplätzen wird das Fallen und Steigen des Meeres bei Ebbe und Flut genau nach Ablesung des Pegels registrirt. Automatische Registrirungen durch einen selbstschreibenden Flutenmesser dagegen sind noch an den wenigsten Seeplätzen eingeführt, und doch sind derartige Notizen für die Schiffahrt von höchstem Werthe. Nur an einigen Nord- und Ostseehäfen, sowie besonders am Adriatischen Meere wird die veränderliche Meereshöhe durch selbstthätige Aufzeichnungsapparate notirt. Längs der ganzen Ostküste des Adriatischen Meeres sind nämlich Flutenmesser aufgestellt, welche mit Hilfe eines Zahnrades und eines Stiftes auf einem sich in 24 Stunden einmal um seine Axe drehenden Cylinder eine Flutkurve aufzeichnen.

Der in unserer Figur 104 dargestellte Flutenmesser ist insoweit bekannten derartigen Apparaten gleichartig, als beide eines senkrecht stehenden Rohres bedürfen, welches mit dem Meere in kommunizirender Verbindung steht, sodass das Wasser im Rohre mit dem Meeresspiegel stets auf gleicher Höhe sich befindet. Unser Apparat besteht aus zwei Theilen, A, dem schon länger bekannten durch das Wasser sich bewegenden Radgetriebe und B, der photographischen Registrirungsvorrichtung. Ein Schwimmer g steigt und fällt mit dem Steigen und Fallen des Wassers. Ein um das Rad A geschlungenes getheertes Seil oder Kette $y\,b\,c$ ist bei y an dem Schwimmer befestigt und trägt bei x ein Gewicht zum Ausgleiche der Eigenschwere des Schwimmers. Die Bewegung des Schwimmers wird auf das Rad A und von diesem mittels eines kleinen Zahnrades z auf eine horizontal in einer Führung auf Rollen laufende gezähnte Schiene $r\,s$ übertragen. Mit dieser Schiene ist ein Stab $o\,g$ fest verbunden. An diesem Stabe ist bei den bisher gebräuchlichen nach der Angabe von Dr. F. Schaub konstruirten Flutenmessern ein Zeichenstift g angebracht, während bei unserem Instrumente an dieser Stelle sich eine photographische Vorrichtung befindet (Fig. 104 g), welche mit der an dem Magnetographen angebrachten Beleuchtungsröhre (Fig. 93) identisch ist. Der Stab $o\,g$ ist bei g mit einer Schiebevorrichtung $m\,n$ (Jalousie fest verbunden, welche in dem Masse mit dem Stabe sich hin- und herschiebt, als die Triebstange $r\,s$ durch das Steigrad A bewegt wird. Die Beleuchtungsvorrichtung ist in der Gesammtansicht der Deutlichkeit halber weggelassen; man hat sich diese Vorrichtung bei g wagrecht gegen $m\,g\,n$ befestigt zu denken. Sie ist im Querschnitt in Figur 104 bei G abgebildet und besteht aus einer hellen Argandischen Gaslampe oder einer elektrischen Glühlichtlampe f, die durch

Vermittelung des Reflektors h und des Kondensators i ihr Licht konzentrirt auf die Linse l wirft; der Brennpunkt der letzteren liegt dicht vor dem Ring t, welchen man sich in der Hauptzeichnung bei g angenietet zu denken hat. Hinter dieser Beleuchtungseinrichtung

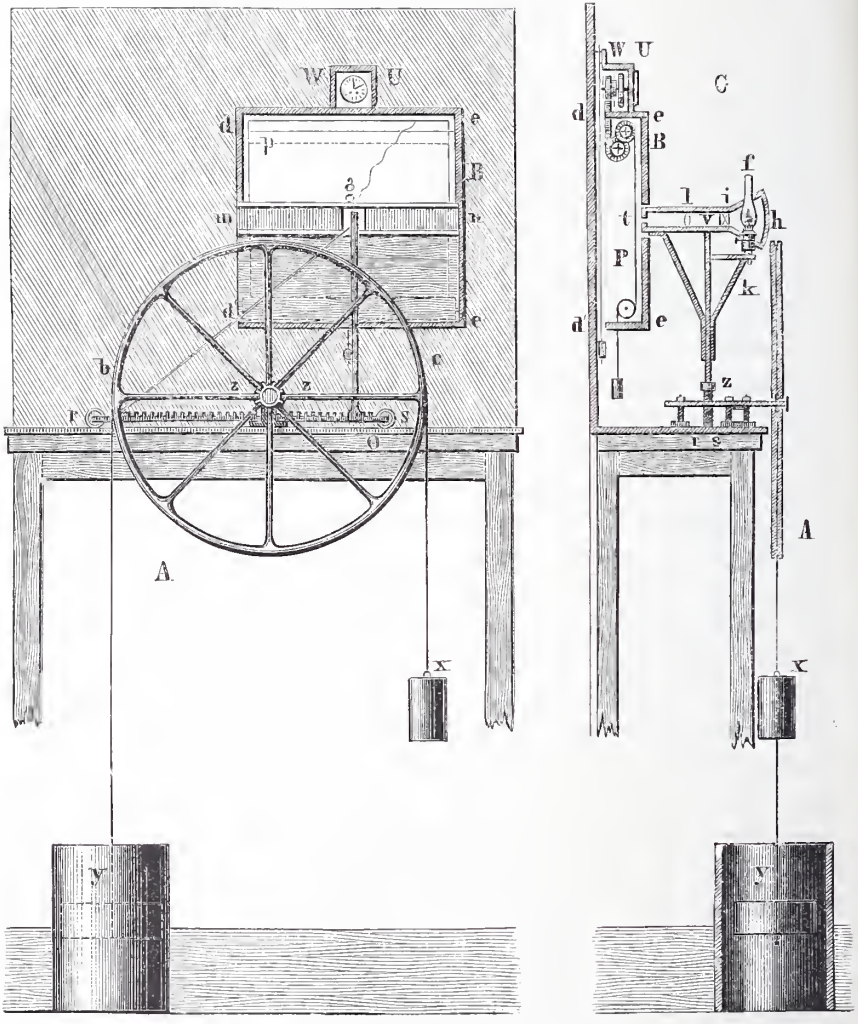


Fig. 104. Photographischer Flutenmesser.

befinden sich in einem Kasten zwei durch ein Uhrwerk WU getriebene Rollen d—e d'—e', über welchen sich ein lichtempfindliches Papier P auf- und abwickelt. Auf diesem Papier erscheint das durch i und l von f kommende konzentrirte Lichtstrahlenbündel als scharf kon-

zentrirter Punkt. Wenn sich die Triebstange *r s* nicht bewegt, d. h. wenn das Wasser eine stationäre Höhe hat, so wird sich auf dem beweglichen Papiere, durch die Wirkung jenes Lichtpunktes, eine gerade Linie abbilden. Steigt oder fällt aber das Wasser, dann geht der Stab *g* o hin und her und mit ihm die ganze photographische Beleuchtungsvorrichtung *k h l*. Es entsteht alsdann statt einer geraden Linie eine photographische Kurve, welche dem Steigen oder dem Fallen des Wassers entspricht. In unserer Zeichnung ist die obere Hälfte der Vorderfläche des in fünffach vergrösserten Verhältnissen gezeichneten Kastens *B* weggelassen, um die innere Befestigung des rollenden photographischen Papiers zu zeigen. Der Streifen *m n* ist ähnlich wie bei Schiebeläden (Jalousien) aus einer grösseren Anzahl kleiner auf Rollen laufender Bretchen zusammengesetzt, welche auf einen Lederstreifen aufgeleimt sind und eine sehr leichte Beweglichkeit gestatten. Dieses Breterlädchen zieht sich hinter dem lichtempfindlichen Papier herum und bildet einen geschlossenen Ring, der nur bei *g* durchbohrt ist, um an dieser einen Stelle das Licht durchzulassen. Die Dimensionen des ganzen Apparates können verhältnissmässig gering sein. Wenn das grosse Rad *A* z. B. 2 Meter im Durchmesser hat, so entspricht seine einmalige Umdrehung einer Steigung von 6,28 Metern. Ist das gezahnte kleine Rad *z* den fünfzigsten Theil so gross wie das Rad *A*, d. h. hat es 4 Centimeter im Durchmesser, so wird es in derselben Zeit den Stab *r s* um den fünfzigsten Theil von 6,28 Metern verschieben, wenn also das Wasser um 6,28 Meter gestiegen ist, um ca. 12,5 Centimeter. Nehmen wir als höchste Steigung der Flut, abgesehen von Springfluten, 10—12 $^1/_2$ Meter an, so würde eine Breite des photographischen Papiers von ca. 25 Centimetern zur Aufzeichnung der Flutkurven vollkommen hinreichen und sich die Höhe des Meeresspiegels zu jeder Zeit durch Multiplikation leicht ergeben. Die Zeiten des Steigens und Fallens sind ebenfalls durch Division der Kurve zu erhalten, sobald zu bestimmten Kontrolzeiten ein zu diesem Behufe angestellter Beamter den Kasten öffnet, eine Zeitbezeichnung vornimmt und die Kurvenhöhe mit der gewöhnlichen Pegelhöhe zu der betreffenden Stunde, die er auf der Uhr ablesen kann, vergleicht und aufschreibt. Der Vortheil der angegebenen Vorrichtung beruht nicht nur in der Sicherheit der reibungslosen Schreibweise, sondern besonders auch in dem Umstande, dass man den Apparat wochenlang arbeiten lassen kann, ohne an dessen Einrichtung Etwas zu ändern.

FÜNFTES KAPITEL.

DIE PHOTOGRAPHIE IM DIENSTE PHYSIKALISCHER FORSCHUNG.

1. PHOTOGRAPHISCHES ELEKTROMETER. PHOTOGRAPHIE DES ELEKTRISCHEN FUNKENS UND DES BLITZSTRAHLS.

a. PHOTOGRAPHISCHES ELEKTROMETER.

Zur photographischen Registrirung der elektrischen Spannung in der Atmosphäre hat Francis Ronalds einen sehr geeigneten Apparat angegeben, welcher sich auf dem Observatorium zu Kew befindet.

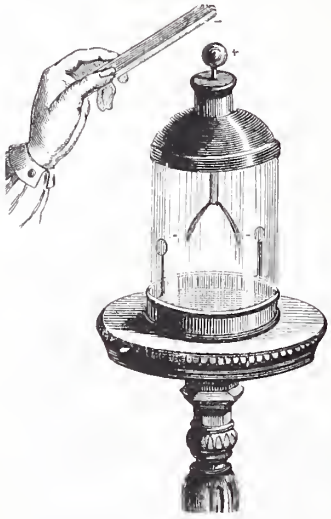


Fig. 105. Elektrometer.

Das gewöhnliche Elektrometer Fig. 105 ist von einem runden Glasgefässe umschlossen, durch dessen mittels Schellackfirniss isolirten Deckel ein geknöpfter Leitungsstab eingefügt ist. An seinem unteren Ende trägt derselbe zwei feine, einen Zoll lange Goldschaumblättchen. Aus dem Grade der Entfernung dieser Goldblattpendel von einander kann man bekanntlich auf die elektrische Spannung in dem Augenblicke schliessen, wo solche dem geknöpften Stäbchen über den Pendeln sich mittheilt. Der Photoelektrograph zu Kew stützt sich in grossem Masstabe auf das nämliche Prinzip.

A (Fig. 106) ist das untere Ende eines dem Konduktor einer Elektrisirmaschine gleichenden Elektrizitätleiters, welcher mit einer Kupferleitung in Verbindung steht, die bis über das Dach des Gebäudes emporragt, und zugleich nach unten durch die metallische

Verbindung *B* mit den Goldblättchen *C* zusammenhängt. Die letzteren sind, analog dem gewöhnlichen Elektrometer, in einer Glashülle isolirt. Eine sehr wirksame Lichtquelle *D* sendet ihr Licht durch den Spalt *C*, welcher in Wirklichkeit viel enger ist, als auf unserer Zeichnung; in *E* befindet sich ein photographisches Objektiv, welches ein scharfes linienförmiges Bild des Spaltes *C* auf die matte Scheibe *F* wirft; dieses Bild ist von *r* bis *r* in Fig. 106 rechts in natürlicher Grösse besonders dargestellt, während die punktirten Linien *n n* die Goldblättchen in einer gewissen Spannung andeuten. Durch die Absperrung des Lichtes an den Seiten des Spaltes werden sich nur die Stellen der Goldblättchen abbilden, welche den Spalt kreuzen. Es werden demnach in demselben Bilde des Spaltes an der Kreuzungsstelle auf der matten Scheibe zwei schwarze Punkte sichtbar werden, die Stellen der Goldblättchen bezeichnend, welche das Licht nicht durchlassen. Wird nun statt der matten Scheibe eine lichtempfindliche Platte eingeschaltet, so würde bei Stillstand des Apparates der Spalt als schwarze Linie mit zwei hellen Punkten

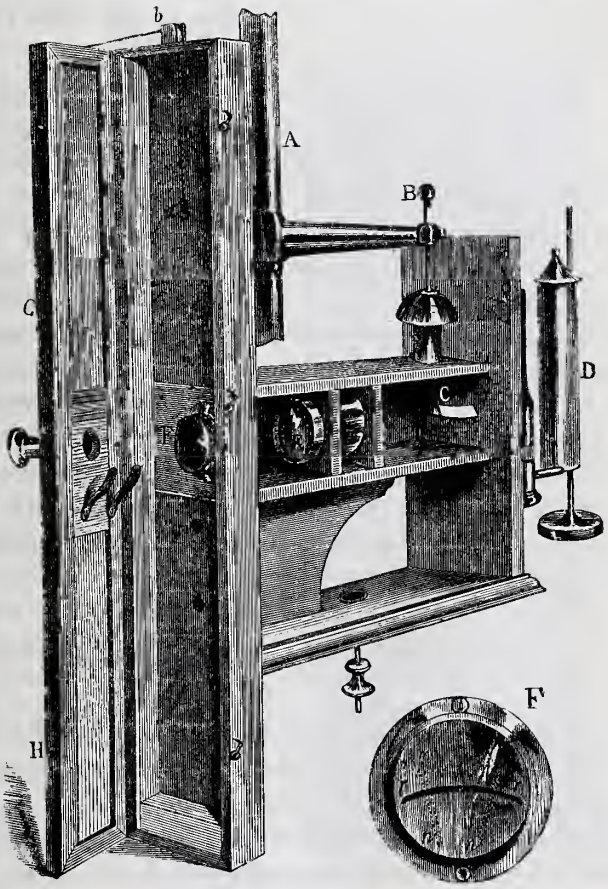


Fig. 106. Photoelektrograph.

sich photographisch abbilden. Da aber die Scheibe in einer vertikalen Richtung während der Aufnahme sich fortbewegt, verwandelt sich das Linienbild in eine schwarze Fläche, auf welcher die zwei hellen Punkte in zwei helle Linien ausgezogen sind. Bleibt die Entfernung der Goldblättchen von einander eine gleichmässige, so werden die Linien parallel laufen; gehen aber die Goldblättchen aus einander und nähern sie sich wieder, so werden die parallelen Linien sich in zwei Kurven verwandeln.

In Figur 107 sehen wir die betreffende photographische Vorrichtung, welche sich hinter der Thüre *G H* (Fig. 106) befindet; sie besteht aus einer photographischen Kassette, welche durch ein Uhrwerk binnen 24 Stunden an dem Objektiv und an der Stelle *F* (Fig. 106) in vertikaler Richtung vorbeigezogen wird. Der Deckel der Kassette öffnet sich durch Anstossen an ein vorstehendes Häkchen allmählich in dem Grade wie die Kassette emporsteigt, wobei die der Thür *G H* gegenüberliegende Wand das möglicherweise eindringende Nebenlicht abhält. Die kleinere Illustration unter dem Uhrwerke der Figur 107 zeigt zwei zusammengehörige Kurven; der querstehende Bügel in der betreffenden Figur stellt einen Messbogen dar, mit welchem durch Auf- und Abschieben die einzelnen Entfernungen der beiden Kurven von einander gemessen, mithin auch von Stunde zu Stunde die Schwankungen der atmosphärischen Elektrizität angegeben werden können.

b. PHOTOGRAPHIE DES ELEKTRISCHEN FUNKENS UND DES BLITZES.

Eine Reihe von Untersuchungen über die Zeitdauer, welche ein elektrischer Funken benöthigt, um auf eine lichtempfindliche Platte einen Eindruck hervorzubringen, hat Dr. Feddersen angestellt und geben wir nach den Mittheilungen, die der genannte Beobachter an den Verfasser des photographischen Lexikons Dr. J. Schnaus gemacht hat, Folgendes wieder:

„Der elektrische Funken ist eine momentan leuchtende Linie, die sich mit einem gewissen Knall bildet, aber so rasch nach dem Entstehen auch wieder verschwindet, dass alle früheren Versuche, irgend eine bestimmte Dauer dieser Lichterscheinung anzugeben, misslungen sind.

Der elektrische Funke springt an einer bestimmten Stelle zwischen zwei Metallkugeln über. Diesen Kugeln steht ein Hohlspiegel gegen-

über; die Strahlen des Funkens sind dergestalt abgeblendet, dass sie alle eliminirt werden, bis auf diejenigen, welche den Hohlspiegel treffen und von diesem auf eine matte Glasplatte geworfen werden. Spiegel und Glasplatte sind gegen den Funken so orientirt, dass auf der letzteren im Augenblicke der elektrischen Entladung ein scharfes Bild des Funkens sich erzeugt. Vertausche ich (natürlich in einem gegen das Tageslicht völlig abgesperrten Zimmer) die matte Glasplatte mit einer empfindlich gemachten photographischen Platte, so wirkt auf diese das Licht einer solchen Entladung, und das Hervorrufen giebt die Lichtlinie des Funkens (ungefähr in natürlicher Grösse). Die Expositionsdauer ist hier die Dauer des ganzen Funkens, Beides jedoch noch unbekannt. Dies zu ermitteln, befindet sich der Hohlspiegel auf einer rasch rotirenden Axe. Entsteht nun bei der Rotation ein Funken, so wird im ersten Augenblicke seines Entstehens der Spiegel eine bestimmte Stellung gegen die Platte haben, im letzten Moment ebenfalls eine bestimmte, aber andere Stellung. Zwischen diesen beiden Stellungen ist die Dauer des Funkens eingeschlossen. Wenn in beiden Stellungen ein Bild auf die Platte fällt (wie ich es durch besondere Einrichtungen erreicht habe), so muss der ganze Raum zwischen den beiden Bildern successive vom Lichte

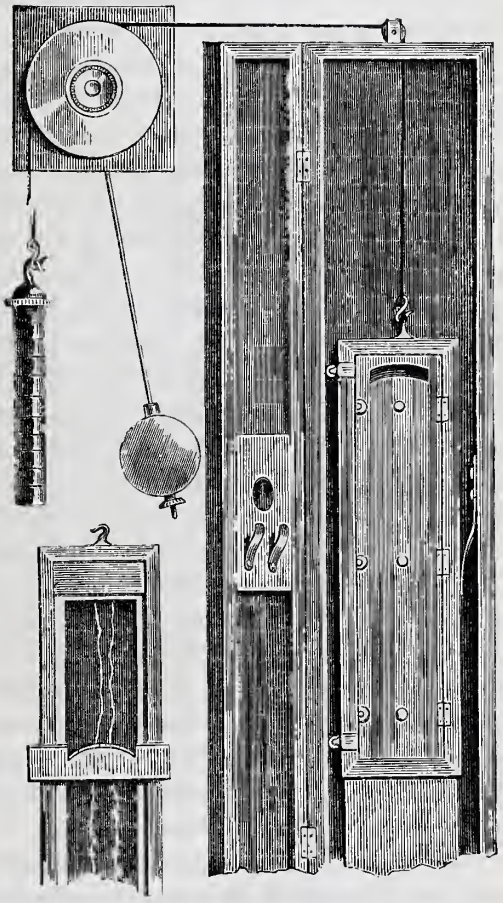


Fig. 107. Bewegliche Kassette zum Photoelektrograph, nebst den elektrischen Kurven.

getroffen werden, weil der Spiegel kontinuirlich aus einer Stellung in die andere übergeht und der elektrische Funken während der ganzen Zeit als leuchtend angenommen wird. Die Folge ist: man sieht den Funken, d. h. die leuchtende Linie, zu einem engen Bande auf der Platte verbreitert, falls überhaupt die Dauer des Funkens gross genug ist, verglichen mit der Rotationsgeschwindigkeit. Diese Bedingung habe ich erfüllt, und die Kenntniss der Rotationsgeschwindigkeit sowie der Winkelgrösse unserer Verbreiterung lässt leicht die Zeit von Anfang des elektrischen Funkens bis zum Ende berechnen. Treten in dem elektrischen Funken Lichtintermittenzen auf, welche längere Zeit wegnehmen, als das Bild des Funkens gebraucht, um einen Raum zurückzulegen, welcher der Breite des Funkens bei Ruhe entspricht, so wird man auch diese Intermittenzen auf der Glasplatte wahrnehmen.

Die Dauer der Lichteinwirkung auf jede Stelle einer anstatt der matten Tafel eingesetzten photographischen Platte, d. h. was man sonst Expositionsdauer nennt, ist so gross als die Zeit, welche das Bild gebraucht, um auf der Platte einen Raum zu durchlaufen, welcher der gewöhnlichen Funkenbreite bei Ruhe gleichkommt. So stellte sich z. B. die Expositionsdauer bei meinen Versuchen als 2—3 Millionstel einer Sekunde heraus. Nur diese ungemein kurze Zeit hatte das Licht auf jeden Punkt der zersetzten Jodsilberschicht wirken können. Bedenkt man nun, dass der Silberspiegel nur 35 Millimeter Oeffnung hat, dass also nur etwa 0.0003 von dem sämmtlichen Lichte, welches der Funken nach allen Seiten ausstrahlt, zur Wirkung kommt, so giebt dies einen Beweis für die hohe Intensität dieses Lichtes. Zugleich sieht man daraus, dass die Zeit, welche die Aetherschwingungen gebrauchen, um eine chemische Zersetzung hervorzubringen, eine unendlich kleine ist, vorausgesetzt nur, dass die lebendige Kraft, welche die Aethertheilchen auf die materiellen Atome übertragen können, damit dieselbe zu chemischer Umlagerung verwandt werde, eine hinreichende Grösse habe.

Die ganze Verbreiterung der Lichterscheinung ist nun, mit blossem Auge auf der matten Glasplatte beobachtet, noch um das Sechs- bis Zehnfache grösser; allein hier ist es, wo die photographische Platte dem menschlichen Auge an Empfindlichkeit weit nachsteht. Die Intensität des Lichtes nimmt gegen das Ende kontinuirlich ab und wird verhältnissmässig schon sehr früh für die empfindliche Jodsilberschicht fast wirkungslos.“ So weit Feddersen's Bericht!

Statt die photographische Aufnahme elektrischer Funken mittels rotirender Spiegel vorzunehmen, habe ich solche direkt ausgeführt

und zwar in der Weise, wie ich solches auch für die Photographie des Blitzes angeben werde. Ich habe vor die Konduktoren einer mit Leydner Flaschen versehenen, grossen Influenzelektrisirmaschine ein 27liniges Doppelobjektiv mit weit ausgezogener Kamera so aufgestellt, dass die Länge des Funkenbildes der wirklichen Entfernung beider Konduktoren von einander entsprach, mithin der Funkenweg in seiner natürlichen Ausdehnung sich abbilden musste. Nun wurde die Elektrisirmaschine in Gang gebracht und es sprangen bei verhältnissmässig rascher Umdrehung sechs Funken in der Sekunde über. Das Zimmer war absolut verdunkelt. Nachdem das Objektiv geöffnet und der Kassettendeckel emporgezogen war, setzte ich die Maschine in Gang und eine Anzahl von zehn Umdrehungen, während deren die Funken in Bruchtheilen einer Sekunde so massenhaft übersprangen, dass man sie nicht mehr einzeln unterscheiden und zählen konnte, genügte etwa 60 Funken zu erzeugen, von denen jeder einzelne auf der photographischen Platte seine Visitenkarte abgegeben hat. Ich benutzte zu diesen Experimenten ebenso wie in neuerer Zeit zu allen meinen photographisch-wissenschaftlichen Arbeiten Dr. Schleussner'sche Trockenplatten, deren Güte und Zuverlässigkeit als unübertroffen zu bezeichnen sind.*) (Vgl. Bd. 1 Seite 267.) Das diesen Mittheilungen beigegebene photographische Bild (Fig. 108) giebt hierfür einen sichtlichen Beweis, indem jeder einzelne Eindruck des auf die Platte übertragenen Funkenblitzbildes 2 bis 3 Millionstel einer Sekunde zur Aufnahme benöthigte. Die Grösse des elektrischen Funkens, nicht zu verwechseln mit dem Funkenweg, den unser photographisches Bild zeigt — entspricht der Dicke der Funkenlinie. Es war unser Funke selbst nur etwa 0,0002 m = $^1/_5$ mm dick, die Raschheit seines Ueberganges ist aber eine so kolossale, dass solche als Linie, d. h. als die Addition aller mathematisch denkbaren Punkte, auf welchen sich der Funke von einem Konduktor zum anderen aufgehalten hat, dem Auge erscheint. Die blitzartigen Linien zeigen den photographirten Weg an, welchen der Funke durch die Luft genommen hat. Der betreffende Weg geht von Konduktor zu Konduktor, ist demnach für seinen Abgangs- und Ankunftspunkt dem Funken vorgeschrieben. Nach der ersten Wegstrecke, etwa einen halben Centimeter vom Konduktor entfernt, bis wohin fast alle Funken den gleichen Weg machen, gehen sie von der graden Linie ab, weil

*) Dr. C. Schleussner, Fabrikant photographischer Trockenplatten. Stiftstrasse 8 zu Frankfurt a. M.

die zwischenliegenden Luft- und Aethertheilchen ihnen einen gewissen Widerstand entgegensetzen. Diesen Widerstand muss der Funken überwinden. Die Luft weicht ihm aus, je nach ihrer momentanen durch den Funken selbst hervorgerufenen Kompression, nach oben und unten, nach rechts und links, wodurch einerseits die Zickzackform des Funkens, analog der natürlichen Form des Blitzes entsteht, anderseits der Umstand bedingt wird, dass niemals ein Funken den anderen völlig deckt. Auch können aus gleichem Grunde nicht alle Funken gleich scharf auf der photographischen Platte erscheinen, weil begreiflicher Weise nur auf das Mittel des

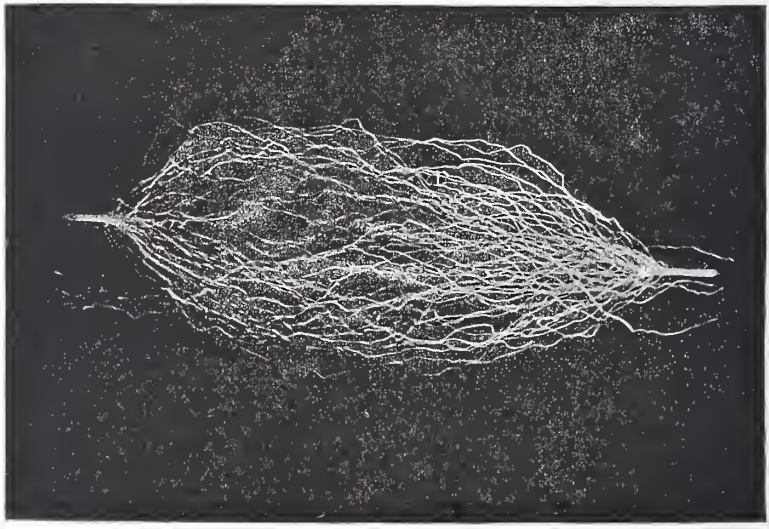


Fig. 108. Photographie elektrischer Funken einer Influenzmaschine.

Funkenweges, den man ja vorher nicht kennt, scharf eingestellt werden kann.

Das in unserer Figur 108 ersichtliche photographische Bild elektrischer Funken giebt uns noch zu einigen weiteren interessanten Beobachtungen Anlass. Es zeigt nämlich rechts eine viel stärkere Lichtwirkung, als links. Die kräftigen Spannungsströme ebenso wie diejenigen eines Ruhmkorff'schen Induktors bewegen sich bekanntlich, was man bei Einschaltung einer Crookes'schen Lichtmühle leicht sehen kann, in der Richtung vom negativen zum positiven Konduktor der Influenzmaschine. Auf unserer Abbildung ist bei Abgang des Funkens aus dem Konduktor die Lichtintensität eine in

ganz eminentem Grade höhere, als in dem Momente, wo er den entgegengesetzten (den positiven) Konduktor erreicht. Demgemäss ist auch die Reduktion der Silbersalze auf der photographischen Platte an der dem negativen Konduktor entsprechenden Seite eine viel bedeutendere; hier wird nach von mir vorgenommener mikroskopischer Untersuchung der Platte das Silber in dichten Massen molekular abgelagert, während an dem entgegengesetzten Pole die Silberablagerungen bedeutend dünner gesäet erscheinen. Die reduzirende Wirkung des Lichtes auf Silberverbindungen tritt nämlich so ein, dass an den Stellen, an welchen das Licht stärker wirkt, eine grössere Masse von Silbermolekülen, in engerer Aneinanderlagerung abgeschieden werden, als an denjenigen Stellen, bei welchen eine geringere Lichtstärke die lichtempfindliche Platte trifft. Legt man irgend ein photographisches Negativ unter das Mikroskop, so beobachtet man an den mehr vom Lichte getroffenen Stellen eine weit höhere Zahl von Silberpartikelchen, als an denjenigen Stellen, an welchen die Schattenpartien sich finden. (Vgl. Bd. I S. 99.) An Stellen, welche sich auf lichtempfindliches Papier noch als feine Halbschatten kopiren, kommen ungefähr 300 bis 400 molekulare Silberkörnchen auf einen Quadratmillimeter. Die schwärzesten Stellen der negativen Platte sind unter dem Mikroskope bis zu einer 500fachen Linearvergrösserung vollkommen undurchsichtig und lösen sich erst bei sehr starkem Lichte und einer 800 bis 1000fachen Vergrösserung in feine Silbermoleküle auf, deren alsdann 1500 bis 2000 auf dem Raume eines Quadratmillimeters zu zählen sind. Ich werde die betreffenden Erscheinungen noch weiter verfolgen und dürfte man durch künftige Studien in Bezug auf die Differenz der Wirksamkeit der positiven und negativen Elektrizität noch zu manchem interessanten Aufschluss auch auf diesem Wege gelangen. Das in den Text eingefügte Funkenbild wurde direkt von der photographischen Platte nach dem System Meisenbach photographisch auf Zink übertragen und durch Aetzung in ein druckfähiges Cliché verwandelt.

Lässt man einen elektrischen Funken zwischen zwei Glasplatten, von welchen die eine kollodionirt, jodirt und gesilbert ist, von dem Konduktor einer Elektrisirmaschine, oder einer Leidener Flasche überspringen, so beschreibt derselbe eigenthümliche, zackige Figuren auf der präparirten Platte, welche den Weg des Funkens andeuten, und nach dessen Grösse und Kraft verschieden sind. Sowohl die mechanische Thätigkeit als auch das chemisch zer-

setzende Licht des elektrischen Funkens veranlassen die genannten Wirkungen.

Der französische Physiker Ducretet hat zu diesem Zwecke folgenden höchst einfachen Apparat konstruirt, um ohne Objektiv die elektrischen Lichtphänomene der Elektrizität von hoher Spannung zu photographiren. Der Apparat (Fig. 109) besteht aus einem viereckigen Kasten $A\,B\,C\,D$, welcher auf einem Ebonitfusse ruht. In dem oberen Brette $A\,B$ dieses Kastens befinden sich, ebenso wie in den seitlichen Brettern $A\,D$ und $B\,C$. Oeffnungen, durch welche 3 hohle Ebonitstäbe gehen; durch diese laufen an ihren Enden Messingkugeln tragende Drähte $(H\,L\,N)$. Im Fusse des Trägers $D\,C$ befindet sich eine Triebstange mit Zahnrad, ebenfalls aus Messing, welche ein kleines Tischchen P trägt, das mit Leichtigkeit auf und ab gehoben werden kann. An Stelle des Tischens P oder der Kugeln $H\,L\,N$ kann man auch Spitzen oder isolirende Körper anschrauben. Der Stab E vermittelt eine elektrische Verbindung mit dem Tischchen P. Wird nun eine lichtempfindliche Platte in irgend welcher Richtung in diesen Kasten parallel zu den Punkten $H\,L\,N\,P$ eingeschoben, so wird sich auf derselben der von H nach N überspringende oder von L kommende und nach P sich verbreitende Funken abbilden. Zur Erzeugung der betreffenden elektrischen Phänomene kann sowohl der Funken eines Ruhmkorff, als auch derjenige einer Holtz'schen Influenzmaschine benutzt werden. Die Figuren 110 bis 114 geben naturgetreue, auf photographischem Wege gewonnene Abbildungen derartiger elektrischer Bilder. Figur 110 und 111 wurden folgendermassen dargestellt: Auf die mit dem negativen Pole einer Ruhm-

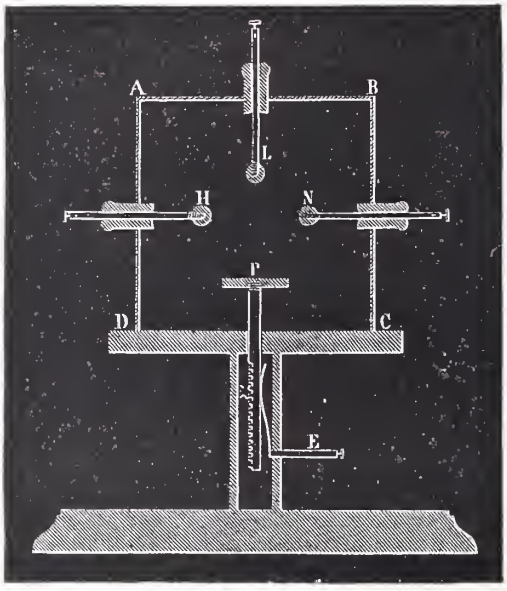


Fig. 109. Phot. Apparat von Ducretet.

korff-Induktionsrolle verbundene Metallplatte P war eine photographische Platte. mit der lichtempfindlichen Schicht nach unten, gelegt worden; auf diese hatte man eine sehr dünne Ebonitplatte und darauf eine zweite solche Scheibe, die von der ersten durch kleine Spänchen getrennt war, um zwischen beiden etwas Luft zu lassen, gebracht. Ueber der zweiten Ebonitscheibe lag wiederum eine photographische Trockenplatte, mit der lichtempfindlichen Schicht nach oben. Auf dieser Schicht lag eine metallische runde Platte gleich der Platte P Fig. 109; diese Platte war mit dem positiven Pole des Ruhmkorff verbunden. Einen Moment wurde der Funke durchgelassen und auf den photographischen Platten unsere beiden Figuren 110 und 111 gewonnen. Das am positiven Pole erhaltene Bild zeigt eine breitere Lichtkrone, am negativen Pole eine hellere Zone.

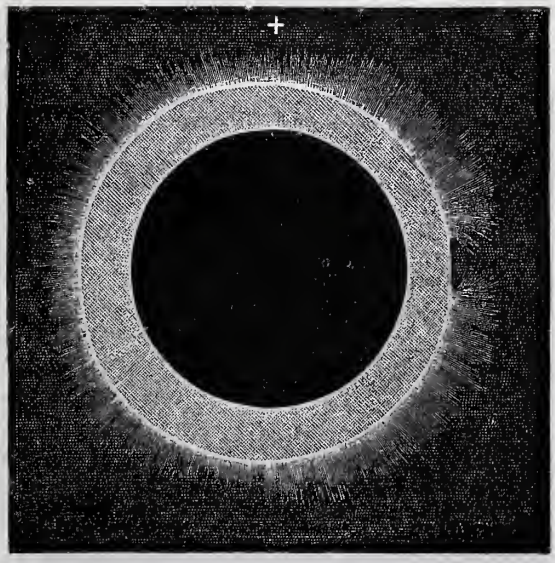


Fig. 110. Photogr. Wirkung des positiven Pol's.

Fig. 111. Photogr. Wirkung des negativen Pol's.

Ein analoger Effekt ist aus Figur 112 ersichtlich. Es zeigt dieses Bild das Ueberschlagen eines mit einer Holtz'schen Influenzmaschine erzielten Funkens von H nach N (Fig. 109) in natürlicher Grösse. Die photographische Platte war hier auf einen Ebonitteller (P Fig. 109) aufgelegt und letzterer mittels der Schraubenstange bis zu HN emporgeschraubt worden. Auch hier ist ersichtlich, wie am positiven Pole die Ausstrahlung eine breitere ist, am negativen eine hellere; der Funken ist 9 Cent. lang. Figur 113 zeigt zwei in ähnlicher Weise überschlagende 15 Centimeter lange Funken einer Ruhmkorff'schen Rolle. Die beiden photographirten Funken machen hier den Eindruck einer aus mehreren Litzen zusammengewirkten Schnur. Was schliesslich das in Figur 114 photographirte Funkenbild anbelangt, so wurde dasselbe in folgender Weise erhalten. Bei P (Fig. 109) war wiederum ein Metalltischchen aufgeschraubt und mit einem der Pole in Verbindung gebracht worden. Auf dem Metalltischchen ruhte eine dünne Ebonitscheibe von derselben Grösse, wie die auf dieselbe gelegte photographische Platte, deren empfindliche Schicht nach oben sah. Auf diese Schicht wurde der obere Kontakt L (Fig. 109) aufgesetzt und dessen Leitungs-

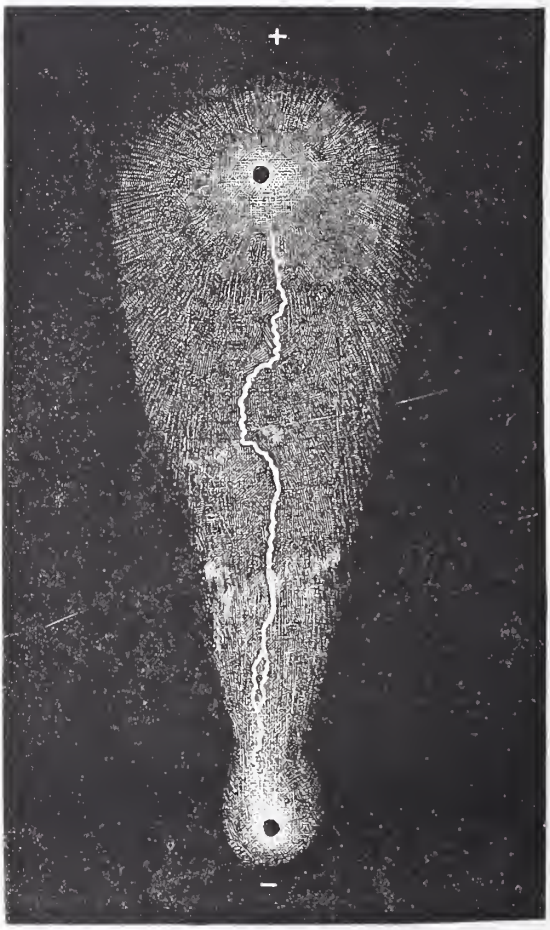


Fig. 112. Funkenphotographie mittels einer Holz'schen Influenzmaschine.

stäbchen mit dem anderen Pole der Induktionsrolle verbunden. Trotz der zwischenliegenden Isolatoren (Ebonit und Glas) zeigt sich ein Lichtkreis wie in Figur 110 und 111 und ausserdem eine Anzahl von Ausstrahlungen nach allen möglichen Richtungen, indem der aufschlagende elektrische Funke hier zwischen der Kugel und der photographischen Platte vom Mittelpunkte aus nach der Peripherie auseinanderstob. Neben den beiden Hauptadern des elektrischen Funkens sind noch zwei eigenthümliche breitere und blassere divergirende Streifen ersichtlich. Bei der grossen Einfachheit des geschilderten Apparates und in Anbetracht, dass die lichtempfindlichen Trocken-Platten sehr leicht zu behandeln sind, dürften derartige Experimente vielfach wiederholt werden und wohl zu manchen interessanten Aufschlüssen über das Wesen des elektrischen Funkens führen.

Fig. 113. Funkenphotographie mittels eines grossen Ruhmkorff'schen Induktoriums.

Um den Blitz photographisch darzustellen, stellt man während eines nächtlichen Gewitters einen gewöhnlichen photographischen Apparat mit geöffnetem Objektive gegen diejenige Seite des Horizontes auf, wo die meisten Blitze sichtbar sind. Man benutze ein weitgreifendes Landschaftsobjektiv und schiebe hinter die offen stehenden Linsensysteme die in einer Kassette enthaltene

präparirte Platte ein, ziehe den Kassettenschieber empor, und warte den Blitz und dessen momentane Wirkung ab. Es werden alsdann ähnliche Figuren auf der silberjodirten Platte entstehen, wie bei der Photographie des elektrischen Funkens. Während zackige Blitze bei Benutzung eines lichtstarken Objektivs ein genaues Bild ihrer Gestalt zurücklassen, äussern flächenförmige Blitze und Wetterleuchten über die ganze Platte eine das Silber reduzirende Wirkung, indem, nach

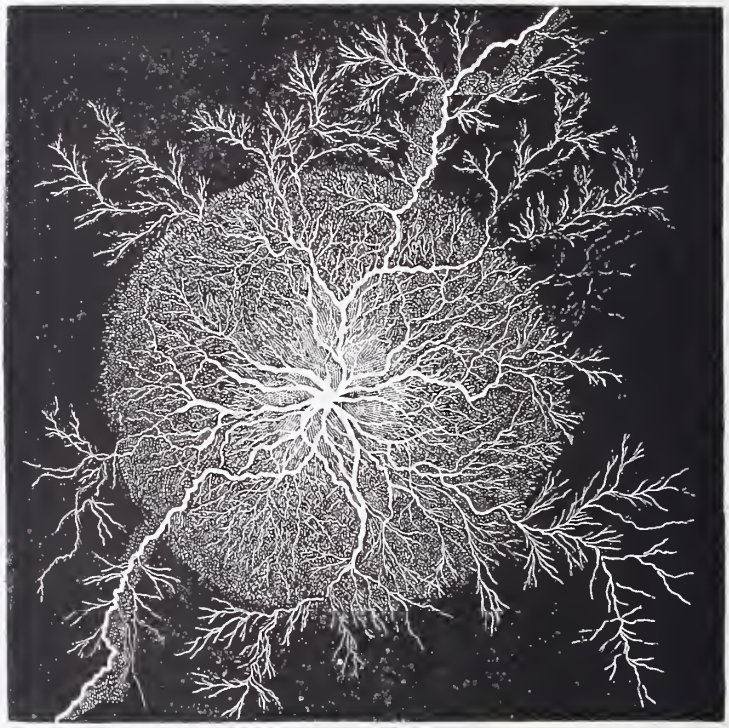


Fig. 114. Photographie durch Aufschlagen des Funkens auf die lichtempfindliche Platte.

der Fixirung, nur eine formlose Trübung der gesammten lichtempfindlichen Schicht zurückbleibt. Vortreffliche nach erwähnter Methode im Sommer 1885 angefertigte Photographien von Blitzen wurden von dem Photographen Robert Hänsel in Reichenberg i. B. dargestellt. Sowohl bei den von den Gewitterwolken nach der Erde, als auch bei den von einer Gewitterwolke zur andern überschlagenden, auf den Hänsel'schen Bildern vorhandenen Blitzen ist die Differenz des Eindrucks am positiven und negativen Pole der Entladung, wie wir solche auf S. 151 beschrieben und in Figur 108 abgebildet haben, sichtbar.

2. PHOTOGRAPHIE DER TÖNE.

Wenn man eine Stimmgabel mittels eines Holzstückes anschlägt oder mit einem Violinbogen anstreicht (Fig. 115), so geräth dieselbe in Schwingungen und ertönt in einer von der Form und den Dimensionen des Instruments abhängigen Höhe. Derartige Schwingungen kann man sichtbar machen entweder dadurch, dass die Vibrationen mittels eines an die Stimmgabel befestigten Metallstiftes direkt auf eine mit Russ überzogene Fläche sich aufschreiben oder die Bewegungen durch Spiegelreflexe beobachtet werden. In ersterem Falle vibrirt der Metallstift infolge des Anschlagens oder Anstreichens so oft in der Sekunde hin und her, als die Gabel Schwingungen macht. Wenn man dann einen angerussten Zylinder sehr rasch an diesem Stifte vorbeidreht, wie dies in Figur 116 ersichtlich ist, so wird der Stift in Form einer Kurve die Schwingungen der Stimmgabel, mithin auch die Charakteristik des betreffenden Tones auf den Zylinder verzeichnen. In Fig. 119 sind eine Anzahl einfacher und kombinirter Tonschwingungskurven reproduzirt, welche auf diese und die folgende Methode gewonnen wurden.

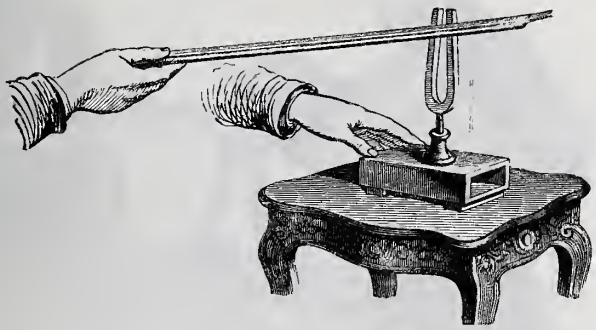


Fig. 115. Anstreichen der Stimmgabel.

Die zweite Art, diejenige der optischen Darstellung der Töne, welche von Lissajous gefunden wurde, bewerkstelligt man durch zwei an die Enden der Stimmgabelschenkel aufgelöthete kleine Metallspiegel, wobei der zweite Spiegel nur als Gegengewicht dient. Betrachtet man während der Vibration der Gabel in dem ersten Spiegel das Bild einer Kerzenflamme, welche in der Entfernung von einigen Metern aufgestellt ist, so sieht man das Bild derselben je nach den Schwingungen des Tones sich verlängern und verkürzen. Nimmt man einen zweiten Spiegel hinzu, welcher das Lichtbild durch eine Linse auf eine weisse Wand wirft, so kann bei starker Lichtquelle, bei Sonnenlicht oder elektrischer Beleuchtung, das im aufgelötheten Spiegel entstehende Schwingungsbild auf der gegenüberliegenden Wand objektiv dargestellt werden. Stimmt man zwei mit Spiegeln

versehene Stimmgabeln, welche gegenseitig im rechten Winkel aufgestellt sind, auf verschiedene in harmonischem Verhältniss stehende Töne zu einander ab, so sind auch Doppeltöne und Akkorde in gleicher Weise leicht sichtbar zu machen.

In Figur 117 wird nach einer von Tyndall angegebenen Methode ein konzentrirter Strahl elektrischen Lichtes auf den Spiegel der Stimmgabel *F* geworfen, von hier nach einem Handspiegel reflektirt, welcher das Bild der Schwingungen auf eine gegenüberliegende Wand *m n* wirft, woselbst sie durch ein rasches Umdrehen des Handspiegels als Kurve erscheinen.

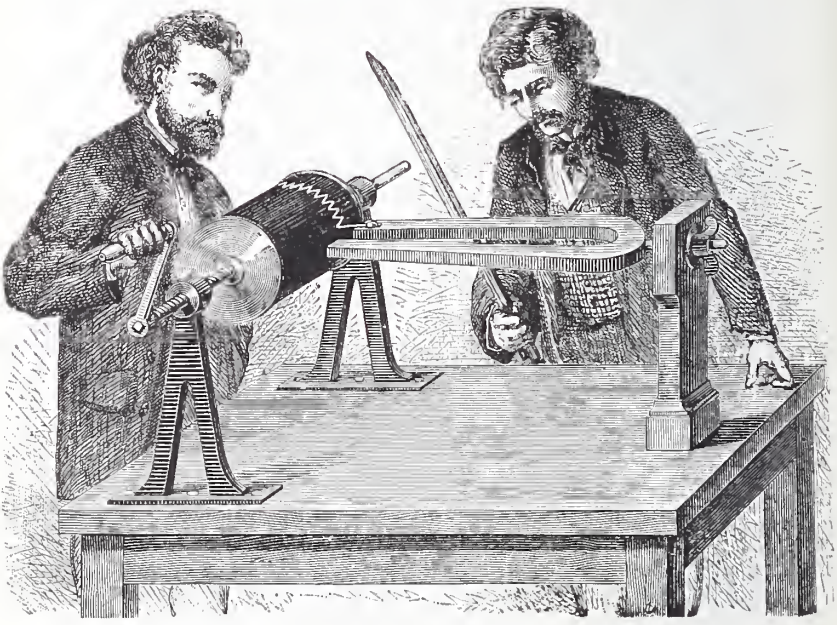


Fig. 161. Aufschreiben der Töne auf berusste Cylinder.

Stellen wir dagegen den Handspiegel fest und bringen an Stelle der Wand *m n* eine längliche photographische Vorrichtung, so wird, wenn die photographische Platte sehr rasch vorbeigleitet, der von dem Spiegel kommende Lichtstrahl auf derselben einen Eindruck in Form einer Kurve beschreiben, welche der Schwingungszahl der Stimmgabel genau entspricht; auf diese Weise ist die direkte photographische Darstellung der Lissajous'schen Schwingungsfiguren ermöglicht.

Noch einfacher lassen sich die Tonschwingungen photographiren, wenn man eine Stimmgabel (Fig. 118) an den Schwingungsenden durchbohrt oder an jedes Ende derselben ein durchbohrtes Metall-

plättchen befestigt und durch dessen Bohrpunkt (i) einen Lichtstrahl leitet. Dieser kommt von einem Heliostaten h und hinterlässt deut-

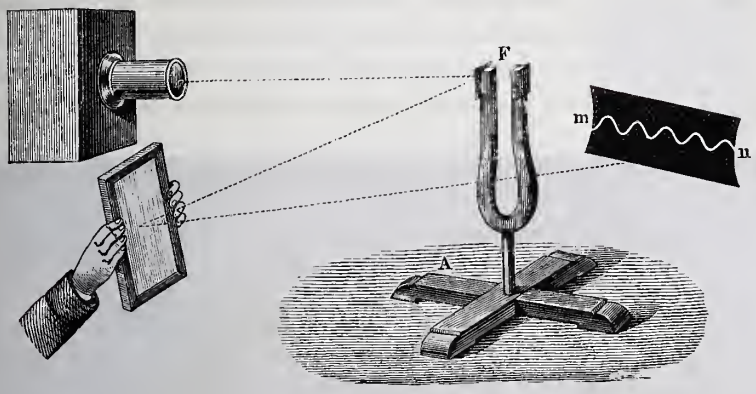


Fig. 117. Optische Darstellung der Töne.

liche Spuren seiner Wirkung auf der schnell vorbeigleitenden lichtempfindlichen Schicht. Die gespannte Feder B, an deren Stelle man

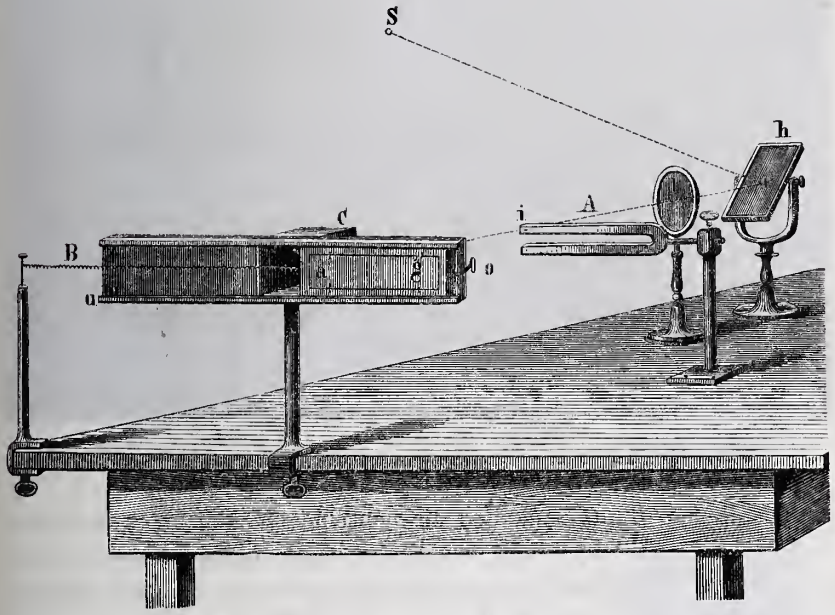


Fig. 118. Apparat zur Photographie der Stimmgabelschwingungen.

sich ein genau präzisirtes elektromagnetisch-chronographisches Triebwerk zu denken hat, zieht die in der Kassette $a\,g$ befindliche photo-

graphische Platte in $^1/_4$ Sekunde vor der kleinen Kamera vorüber. Ruht nun die Stimmgabel A, so wird das durch die kleine Oeffnung i hindurchtretende Strahlenbündel des Sonnenstrahls $r\,i$ auf der Platte $a\,g$ einen Punkt beschreiben. Würde sich der Punkt i während des Hindurchtretens des Lichtstrahles auf und nieder bewegen, so würde bald ein höher, bald ein tiefer gelegener Theil das Strahles $r\,i$ zum

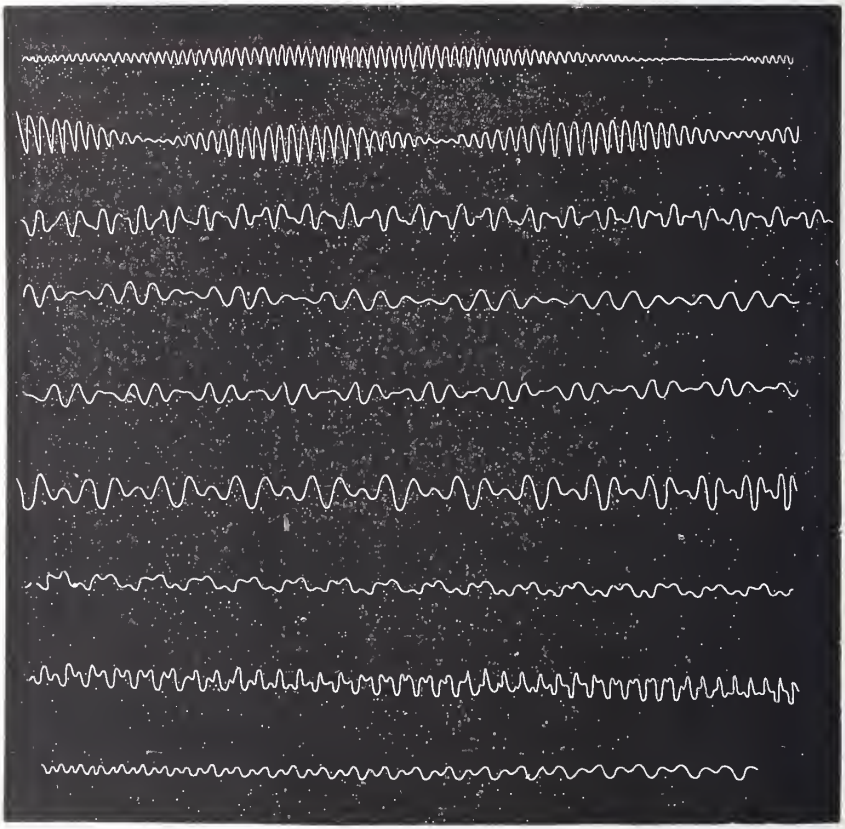


Fig. 119. Einfache und kombinirte Tonschwingungskurven.

Durchtritte bei i gelangen, und abwechselnd einen bald etwas höher, bald etwas tiefer gelegenen Theil der empfindlichen Platte treffen, mithin eine senkrechte Linie auf photographischem Wege darstellen, welche sich, sobald die Platte $a\,g$ in rasche Bewegung versetzt wird, in eine von a nach g gehende Kurve verwandeln würde.

Ein Auf- und Abbewegen des Punktes i tritt aber ein, sobald die Gabel A durch Anstreichen in Schwingungen versetzt wird,

Wenn nun die in $a\ g$ befindliche, bei o durch einen Haken gehaltene Kassette, in welcher sich die präparirte Platte befindet, losgelassen und durch die Kraft eines Triebwerks oder der Feder B, nach Aufziehen des Kassettenschiebers, in einer gewissen Zeit bei C vorbeigeschnellt wird, so müssen die stattfindenden Schwingungen sich als Kurve darstellen, deren Hügel der Schwingungszahl der Stimmgabel vollständig entsprechen.

Nehmen wir an, die Gabel A habe den Ton „kleines c", mache also in einer Sekunde 128 Schwingungen, so hat die entstehende photographische Tonkurve, wenn der Bewegungsmechanismus der angegebenen Zeit genau entspricht, 32 Kurvenhügel auf der Platte aufzuweisen, wie es auch auf Figur 120, welche die Kopie einer von dem Verfasser photographirten Tonkurve enthält, ersichtlich ist.

Fig. 120. Photographirte Tonschwingungskurve.

Dieses photographische Bild zeigt im Vergleich mit den Schwingungskurven, Figur 119, noch eine ganz besondere Eigenthümlichkeit an den Winkeln, welche die einzelnen Kurvenhügel mit einander bilden. Wir sehen nämlich daselbst auf der ganzen Kurve, oben und unten, gleichmässige Stellen, welche weit heller als die Kurvenschenkel erscheinen, und dem entsprechend im Negativ bedeutend dunkler sind. Das unter dem Mikroskop untersuchte Negativ zeigt gerade dort eine weit massenhaftere und engere Aneinanderlagerung der Silbermoleküle, als an den geraden Kurvenschenkeln, mithin hat das Licht auf diesen Raum stärker oder vielmehr länger gewirkt, als dort, wo sich die Kurvenschenkel abgebildet haben. Zwischen den einzelnen (halben) Schwingungen müssen die Schenkel der Stimmgabel Zeit gewinnen, umzukehren. Diese Umkehr führen sie nach dem Gesetze der Elastizitätsschwingungen allmählich aus, weil die Zeitdauer während der Umkehr grösser ist, als in den mittleren Phasen der Schwingung; es zeigen uns die photographischen Abbildungen, dass diese Zeit

graphisch darstellbar, ja sogar messbar ist, und ohne trigonometrische und logarithmische Rechenmethoden sich aus dem Bilde ergiebt. Würden die Enden der Stimmgabel bei der Umkehr für eine minimale Zeit ruhen, so müssten wir an den bezeichneten Stellen einer wagrechten Linie begegnen. Wir sehen aber hier eine derartige nicht, sondern einen helleren Bogen, welcher sich auf Figur 120 sehr deutlich markirt. Hieraus geht hervor, dass die Umkehr der Gabelschenkel zu einer neuen halben Schwingung nicht plötzlich, sondern allmählich stattfindet, indem zu der betreffenden Zeit die Gabel nicht ruht, sondern ihre Schwingungen merklich verlangsamt und, auf der äussersten Grenze angelangt, in gleicher Weise nicht plötzlich, sondern allmählich wieder zu einer rascheren Bewegung übergeht.

Die 32 Schwingungsbilder derselben Gabel (64 halbe Schwingungen) messen zusammen 152 Millimeter; die Durchmesser der kleinen Bogen, welche die einzelnen Kurvenschenkel verbinden, betragen an der Stelle, wo die Helligkeit der Linien (im Negativ die Dichtigkeit des Silberniederschlages) zuzunehmen beginnt, 1,333 Millimeter; mithin braucht eine Tonschwingung des „kleinen *c*“, um zu ihrer höchsten Schwingungsgeschwindigkeit zurückzukehren, $^1/_{456}$ Sekunde, denn:

152 Millimeter brauchen $^1/_4$ Sekunde,
1,333 Millimeter = $^1/_{114}$ von 152 Millimeter.
$^1/_{114}$ von $^1/_4$ Sekunde = $^1/_{456}$ Sekunde.

Bei höheren schneller schwingenden Tönen verringert sich, bei tieferen Tönen vermehrt sich dieses minimale Nachlassen der einzelnen Schwingungen auch im photographischen Bilde.

Während jenes kleinen Zeitraumes hat das Licht den merklich grösseren Eindruck auf die silberjodirte Platte hervorgebracht. In einer Viertelsekunde wurde die ganze Kurve photographirt, d. h. nicht auf einmal, sondern infolge des Vorbeischnellens der Platte eine Schwingung nach der anderen. Es giebt demnach diese Methode in zweiter Linie auch einen genau berechenbaren Beweis für die Raschheit der Lichtwirkung auf eine präparirte Platte ab.

Um die Zeit dieser Wirkung zu berechnen, spiegelte ich Sonnenlicht mittels eines Heliostaten in ein verdunkeltes Zimmer, konzentrirte dasselbe durch ein System von Linsen und leitete den gewonnenen, 2 Millimeter breiten, hellen Strahl auf eine kleine runde Oeffnung von 0,1 Millimeter (ungefähr von der Dicke eines Menschenhaares). Das eingetretene Licht beschrieb nun auf einer lichtempfind-

lichen, 50 Centimeter langen Platte einen nur 0.1 Millimeter breiten Punkt. Als ich nun eine mit geölten Röllchen versehene sehr leichte Kassette auf polirtem Spiegelglas in $^1/_{10}$ Sekunde vor dem feinen Lichtstrahle vorbeigleiten liess, beschrieb dieser auf der gesilberten Jodbromkollodiumschicht einen sehr deutlichen 50 Centimeter langen Strich. Diesen Strich haben wir uns als eine Addition von 0,1 Millimeter betragenden Punkten, also aus 5000 Masseinheiten zusammengesetzt zu denken, welche den zehnten Theil einer Sekunde benöthigten, um photographirt zu werden; mithin brauchte ein Pünktchen nur ein Fünfzigtausendstel einer Sekunde Expositionszeit.

Daraus ergiebt sich, dass bei den geeigneten Präzisionsinstrumenten es möglich sein wird, auch die höchsten für unser Ohr wahrnehmbaren Tonschwingungen, welche nach Helmholtz die Zahl 38000 in der Sekunde erreichen, ja sogar solche, welche die obere Grenze des menschlichen Gehörs überschreiten, graphisch darzustellen; sicher aber sind alle gewöhnlichen musikalischen Töne, welche bekanntlich in runder Summe sieben Oktaven (zwischen 32 und 4096 Schwingungen in der Sekunde) umfassen, photographirbar.

Fig. 121. Schwingende Saite.

Hieraus erhellt unter Anderem, dass eine Reihe auf dem Pianoforte angeschlagener Töne oder Akkorde auf eine lichtempfindliche Platte photographirt werden können; ein derartiger Versuch müsste auf folgende Methode geschehen:

Nehmen wir zuerst die schwingende Saite eines Monochords (Figur 121), deren Schwingungen in Kurvenform photographirt werden sollen. Um dieses zu erreichen, befestigen wir ein leichtes Rohrstäbchen mit Siegellack auf die Mitte der Saite, wo dieselbe den grössten Weg während des Schwingens beschreibt; an dem Stäbchen befindet sich ein durchbohrtes schwarzes Glimmerblättchen (Fig. 122). Dieses Glimmerblättchen wird mit der angeschlagenen Saite schwingen, ohne deren Schwingungszahl zu beeinträchtigen. Wird nun während der Schwingungen der in Figur 118 abgebildete photographische Apparat angewendet, so können die Schwingungen der Saite auf gleiche Weise wie die Schwingungen der Stimmgabel photographirt werden. Haben wir aber zwei oder mehrere Saiten neben einander, die gleichzeitig oder nach einander angeschlagen werden, so können

diese Töne sehr leicht gemeinschaftlich photographirt und die Kurven über einander auf einer Platte dargestellt werden, wie solches aus Figur 123 ersichtlich ist. Ueber einen Resonanzkasten A sind drei Saiten c, e und g gespannt, die zusammen einen Dreiklang geben; über der Saite c befindet sich das Glimmerblättchen c', über der Saite e das Blättchen e' und über der Saite g das Blättchen g'. Die Blättchen sind so gestellt, dass eines das andere überragt, um die Kurven auf einem Bilde über einander zu erhalten. Auf der vorbeigleitenden präparirten Platte B sind die 3 Kurven schematisch dargestellt und mit c'', e'' und g'' bezeichnet. Die Linien c'—x, e'—y und g'—z stellen den Gang der parallelen Lichtstrahlenbündel dar, von welchen immer nur ein feiner

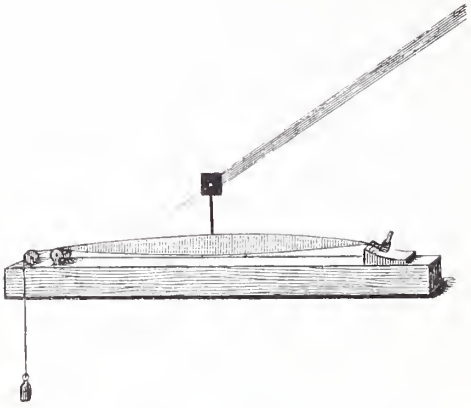


Fig. 122. Vorrichtung zur Photographie der Schwingungen tönender Saiten.

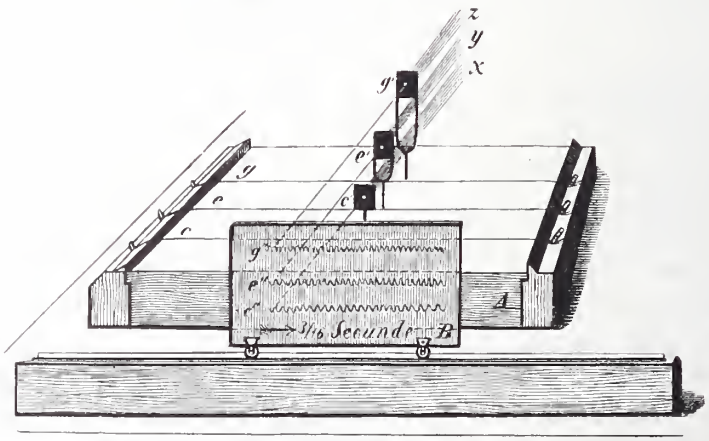


Fig. 123. Photographie eines Dreiklangs.

Strahl durch das schwingende Blättchen durchtreten kann, während die übrigen durch dasselbe abgehalten werden. Bei jedem Glimmerblättchen muss das durchtretende Licht der empfindlichen Platte durch ein zugehöriges kleines Objektiv besonders übermittelt werden; man

kann indessen in einem verdunkelten Zimmer derartige Kurven auch ohne Kamera und ohne Objektiv (unserer Zeichnung Fig. 123 entsprechend) darstellen. Die Photographie eines Dreiklanges (z. B. Grundton c — mit 128, Terz mit 160, Quinte mit 192 Schwingungen in der Sekunde) würde sich alsdann auf der Platte ungefähr wie in der betreffenden Figur (c'', e'', g'') ausnehmen. Die neben den Akkorden hörbaren Kombinationstöne werden die photographische Darstellung nicht beeinträchtigen, weil dieselben nur durch die mitschwingende Luft entstehen; somit wird die Photographie eine absolut richtige graphische Darstellung der schwingenden Saiten bilden, bei welcher auch die Amplitude des Tones in der Höhe der Kurvenhügel ihren Ausdruck findet.

Es ist mir nun gelungen, Laute, gesungene Töne, sowie die Schallschwingungen der Blasinstrumente photographisch durch direkte Aufzeichnung darzustellen. Ich bediene mich zur Erreichung dieses Zweckes einer schwingenden Membran und der Wirkungen eines elektrischen Stromes. Ein konisches, unten mit Handgriff versehenes hölzernes Rohr A Fig. 124 ist oben mit einer circa 5 Centimeter breiten Membran $a\,c$, Fig. 125, verschlossen, während seitlich ein zweites konisches Rohr b, in welches hineingesungen, gesprochen oder geblasen wird, mit dem ersten verbunden ist. Auf die Mitte der Membran ist, wie bei dem Reis'schen Telephon, ein Stückchen Platinfolie a aufgeleimt, mit welcher ein Leitungsdraht $c\,k$ verbunden ist, der zu dem positiven Pole einer Bunsen'schen Batterie B führt, deren negatives Ende mit einem, nach der Art der Morse'schen Schreibapparate konstruirten elektromagnetischen Apparate C in Kontakt steht; dieser wiederum ist mit dem Singapparat A bei m verbunden, und zwar hier mit einem kleinen Platinstifte d, welcher durch den Hebel c die Leitung vermittelt. Der Platinstift d steht senkrecht über der Platinfolie und ist von derselben kaum merklich entfernt. Sobald er die Folie berührt, ist die galvanische Verbindung geschlossen und die Wirkung auf den Elektromagneten C tritt in Kraft. Der Anker des Elektromagneten ist so gestellt, dass bei dem Schliessen und Oeffnen der Kette jedes elastische Vibriren der Ankerfeder vermieden wird. An den Anker des Elektromagneten ist ein leichtes Metallblättchen f befestigt, in das man ein durchbohrtes geschwärztes Glimmerplättchen zum Photographiren einklemmen kann. Wird nun die Kette rasch geöffnet und geschlossen, so bewegen sich der Anker und die mit ihm verbundenen Vorrichtungen je nach der Raschheit der Stromschliessung auf und nieder.

137 Wenn nun in das oben beschriebene Rohr gesprochen, gesungen, geblasen oder gepfiffen wird, so vibrirt die Membran *a c* Fig. 125 in der Schwingungszahl des entsprechenden Tones, ebenso oft wird dann die auf der Membran sitzende Platinfolie vibriren, sich von dem über ihr befindlichen Metallstiftchen *d* entfernen oder sich ihm nähern und auf diese Weise in gleichen Zeiteinheiten der galvanische Strom in sehr raschen Intervallen unterbrochen werden. In Folge dieser Unterbrechungen wird auch der Anker des Elektromagneten und mit ihm die ganze Aufzeichnungsvorrichtung *f* in Zeiteinheiten zu schwir-

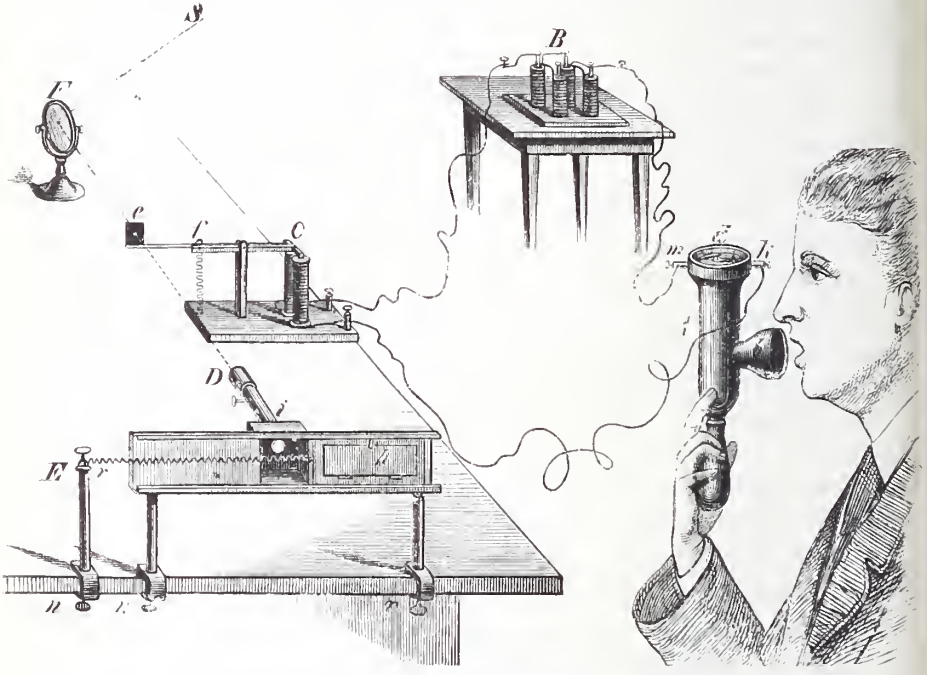


Fig. 124. Photographie gesungener Töne.

ren beginnen, welche der Schwingungszahl der in das Rohr *b* gelangenden Töne vollkommen entsprechen. Für tiefe Töne, welche langsamere Schwingungen haben, kann die graphische Aufzeichnung auch mittels eines Stiftes nach der bekannten Methode auf berusste, sich rasch vorbei bewegende Flächen geschehen. Die photographische Aufzeichnung geschieht nach der von mir angegebenen Methode. Letztere ist auch für tiefe Töne entschieden vorzuziehen, weil die Reibung des Stiftes auf einer vorbeigleitenden berussten Scheibe oder einem sich rasch drehenden berussten Cylinder die Aufzeichnung be-

einträchtigt. Die graphische Methode ist für hohe Töne absolut unanwendbar wegen der geringen Amplitude der Schwingungen. während die Anwendung der Photographie den grossen Vortheil gewährt, die Schwingungen sofort durch ein vergrösserndes Objektivsystem direkt in grossen Kurven aufnehmen zu können. Dadurch werden Schwingungsbewegungen sichtbar, welche sich der direkten Beobachtung, sowie der direkten Aufzeichnung wegen ihrer Kleinheit und Raschheit bisher entziehen mussten. In unserer Figur 124 ist bei E ein solcher photographischer Vergrösserungs-Apparat angebracht, welchem durch einen Heliostaten F das nöthige Sonnenlicht ev. elektrisches Licht zugeführt wird. An Stelle der Feder, welche die, eine sehr lichtempfindliche Platte enthaltende Kassette h an dem Objektive i vorbeischnellt, haben wir uns, wie bei den früher erwähnten Apparaten ein elektrisch-chronographisches Uhrwerk zu denken, das

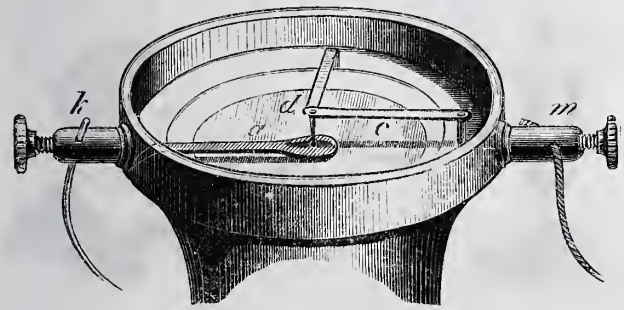


Fig. 125. Telephonmembran.

die Bewegungen der Kassette in Bruchtheilen einer Sekunde anzugeben vermag; ich habe dasselbe, um den Gesammteindruck der Zeichnung nicht zu sehr zu beeinträchtigen, in unserer Figur weggelassen. Ich bemerke noch schliesslich, dass die geschilderten Vorrichtungen mit geringen Kosten zu beschaffen sind und sich die bezüglichen Experimente mit Leichtigkeit in jedem physikalischen Kabinete, das mit einem Heliostaten oder mit elektrischem Licht ausgestattet ist und ein Reis'sches Telephon besitzt, ausführen lassen.

Durch elektrische Fortleitung können nur Kurven erhalten werden, welche die Zahl der Schwingungen eines Tones angeben, während die Amplitude desselben in der Höhe der Kurvenhügel nicht ihren Ausdruck findet. Um solches zu erreichen, ist die in Figur 126 abgebildete Vorrichtung anzuwenden. Ueber dem Hohlgefäss A ist eine Membran $d\,e$ gespannt, welche mittels eines Stäbchens das

durchbohrte Glimmerblättchen f trägt; an die seitliche Röhre ist bei g ein Gummischlauch von 2 Centimeter Weite angebracht, welcher mit einem Mundstück B in Verbindung steht. Wird nun bei h in dieses Mundstück gesungen, so vibrirt die Membran $d\,e$ und mit ihr das Glimmerblättchen f so oft, als der Ton seine Schwingungen macht. Je stärker nun derselbe ist, desto höher hebt und senkt sich die Membran und gibt die nach meiner oben geschilderten Methode dargestellte photographische Kurve, demnach auch die Amplitude des Tones an. Während bei der elektro-magnetischen Methode die Höhe der Kurvenhügel von der Stärke des Magneten, respektive des galvanischen Stromes abhängt, ist solche hier zugleich der Ausdruck der Macht des Tones. Bei sehr hohen Tönen ist die Bewegung der Membran eine sehr minimale und muss man, um die Schwingungen zu photographiren, ein circa 10 mal vergrösserndes Objektivsystem anwenden, durch welches die Kurvenhügel der höchsten Töne

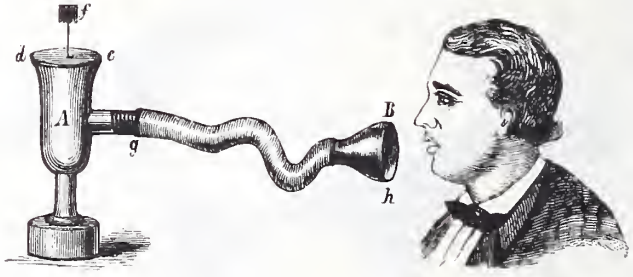


Fig. 126. Photo-Phonograph.

eine Höhe von einigen Millimetern erhalten. Photographirt man bei dieser Tonphotographie gleichzeitig den Ton einer Stimmgabel von bekannter Schwingungszahl mit, so wird sich auch auf der photographischen Platte über der Photographie des Tones, dessen Schwingungszahl noch unbekannt ist, die Schwingungskurve des Stimmgabeltones abbilden, dessen Schwingungszahl bekannt ist. Zieht man alsdann zwischen den beiden photographischen Kurven Abscissen, so wird der Vergleich der bekannten Kurve mit der Zahl der Kurvenhügel der unbekannten Kurve (vgl. Bd. I, S. 350) sofort angeben, wie oft ein photographirter Ton in einer Sekunde Schwingungen gemacht hat, vielmehr welcher Ton dieses überhaupt gewesen ist.

Auch die photographische Darstellung durch manometrische Flammen sich kundgebender Tonschwingungen ist bei der hohen Empfindlichkeit der heutigen Trockenplatten, die wir schon mehrfach erwähnt, nicht unschwer zu erzielen. Wir haben schon im ersten

Bande dieses Werkes (I, Seite 385) auf die mittels manometrischer Flammen photographisch darstellbaren Lichtbilder des Perkussionsschalls hingewiesen. Mit dem auch dort erwähnten Apparate von König lassen sich alle erdenklichen Töne bekanntlich für das Auge darstellen, mithin auch bei geeigneter Lichtempfindlichkeit der Platten photographiren. In Figur 127 sehen wir den bekannten Apparat zur Darstellung der manometrischen Flammen abgebildet. Derselbe besteht aus einem Kästchen $p\,p$, in welches ein Gummischlauch T führt, der seinerseits mit einer Gasleitung verbunden ist. An dem Kästchen $p\,p$ sind Vorsprünge $c\,c$ angebracht, welche mit feinen

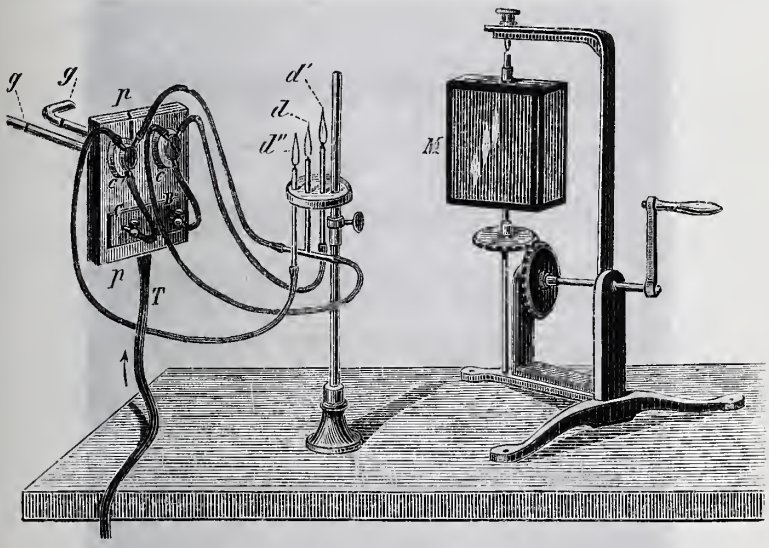


Fig. 127. König's Flammenmanometer.

Membranen verschlossen sind. Von den Kapseln dieser Membranen gehen wiederum Gummischläuche ab, die nach den Röhren $d\,d'\,d''$ führen, während an der Hinterseite des Kästchens zwei mit Gummischläuchen verbundene Metallröhren $g\,g$ angebracht sind, die in trichterförmige Mundstücke ausmünden. Durch den Schlauch T wird Gas geleitet, welches sich nach den 3 Flammen $d\,d'\,d''$ vertheilt. Wird nun durch die mit Mundstücken versehenen Röhren $g\,g$ gesprochen, gesungen oder geblasen, so kommen die Membranen der Kapseln $c\,c$ in Vibrationen und diese Vibrationen theilen sich dem in dem Schlauchwerke zu den Flammen $d\,d'\,d''$ fliessenden Gase mit, sodass erstere gleichmässig, je nachdem bei $g\,g$ Töne oder Schallschwingungen entstehen, vibriren. In der Nähe dieses Instrumen-

tariums ist eine Spiegelvorrichtung M angebracht, in welcher die drei Flammen sich abspiegeln. Wird dieser mit vier Spiegeln auf seinen vier Seiten montirte Kasten durch eine Drehvorrichtung gleichmässig in Umdrehung versetzt, so verwandeln sich die vibrirenden Spiegelbilder der Flammen $d\ d'\ d''$ für das menschliche Auge in eigenthümliche Kurven, wie solche in Figur 128 abgebildet sind. Diese eigenthümlichen in Kurvenform erscheinenden Lichtbilder nehmen nun für jeden Ton nicht nur bezüglich dessen Höhe, sondern auch bezüglich dessen Timbre eine bestimmte Gestalt an, sodass bei denselben Tönen, wenn man sie mit den Vokalen u, o oder a singt, in

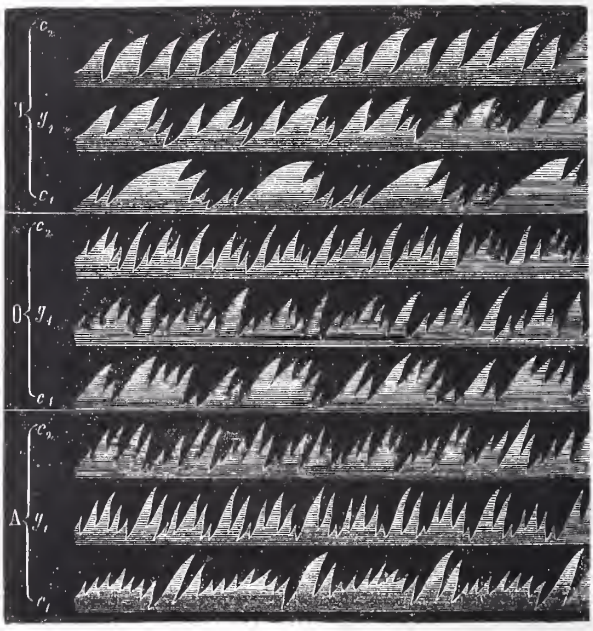


Fig. 128. Bilder manometrischer Flammen.

Folge der äussersten Empfindlichkeit des Verfahrens verschiedene Formen der Kurven auftreten. Man ist sogar im Stande, auf diese Weise Akkorde darzustellen, insoferne die gleichzeitig in die Röhren $g\ g$ Fig. 128 hineingesungenen zwei Töne von gleicher Kondensation sind und in Harmonie zusammenstehen. Zu einem derartigen Experimente dient auch die dritte Flamme d, für welche sich bei genauerer Prüfung der Zeichnung ergiebt, dass von den beiden seitlichen Schläuchen Abzweigungen zu dieser Flamme gehen, sodass, wenn bei $g\ g$ gleichzeitig hineingesungen wird, die Flammen $d'\ d''$ Einzeltöne, die Flamme d aber einen Doppelton darstellen würde. Mittels

einer recht empfindlichen Gelatineplatte ist es möglich, alle die bekannten physikalischen Experimente von König, die Lissajan'schen Klangfiguren und ebenso jede andere rasch entstehende und vergehende optische Erscheinung im Bilde zu fesseln und nach den angegebenen Methoden deren Zeitdauer zu bestimmen.

Bei der Aufeinanderfolge verschiedener Töne oder Akkorde müsste die Platte verhältnissmässig sehr lang z. B. ein sich abrollender sehr lichtempfindlicher präparirter Papierstreifen sein, und es ist nicht undenkbar, dass man auf diesem Wege so weit kommen kann, kleine einfache Kompositionen in Kurvenform zu photographiren.

3. UEBER PHOTO-ELEKTRISCHE MESSUNGEN MINIMALER ZEITEINHEITEN.

Um kleine Zeiteinheiten d. h. Bruchtheile einer Sekunde (bis zu etwa $^1/_{5000}$ derselben) unserer sinnlichen Wahrnehmung in objektiver Weise zu vergegenwärtigen, wurden im Laufe der letzten Dezennien, insbesondere auf dem Gebiete der Physiologie der Sinnesorgane, interessante Apparate ersonnen und hat in erster Linie der französische Physiologe, Professor Marey in Paris, verschiedene Instrumente zu diesem Zwecke angegeben. (Vgl. Bd. I, S. 368 ff.) Aber auch auf dem Gebiete physikalischer Forschung begegnen uns Aufzeichnungsapparate, welche die Bruchtheile einer Sekunde, bis zum tausendsten Theile derselben, objektiv wiedergeben. Alle derartigen Instrumente stützen sich auf das Prinzip, dass eine leichte, entweder durch mechanische Bewegung oder durch elektromagnetische Uebertragung in Schwingungen versetzte feine Nadel oder Borste auf einen in einer bestimmten Zeit durch Vermittelung eines Präzisionsuhrwerks um seine Axe sich drehenden berussten Cylinder in Strichen oder Kurven die Schwingungen jener Nadel oder der Borste aufzeichnet. (Vgl. Bd. I, S. 349) welche derselben durch den Körper mitgetheilt worden sind, dessen minimale Bewegungen man studiren oder dessen Schwingungen in einer Sekunde man zählen will. Für feine Untersuchungen haben alle diese Methoden den Nachtheil, dass in Folge der Reibung der Feder auf dem sich drehenden berussten Cylinder eine Verzögerung eintreten kann und in vielen Fällen eintreten muss, welche noch durch die zur Auslösung der mechanischen Bewegungen nöthige Zeit vermehrt wird. Um daher möglichst genaue Aufzeichnungen zu erhalten, glaubte ich schreibende Kräfte in Verwendung ziehen zu müssen, welche, wenn sie für unsere Sinnesorgane objektiv in Erscheinung treten, keinerlei Zeitverlust durch Reibung und der-

gleichen bedingen und fand ich die kombinirte Verwendung der Elektrizität und des Lichtes zur Aufzeichnung jener minimalen Zeiteinheiten am geeignetsten. Abgesehen von der Imponderabilität dieser ideellen Schreibfedern kommt uns bei deren Benutzung noch ihre Geschwindigkeit zu Gute, indem bekanntlich die Elektrizität in einer Sekunde ca. 450 Millionen Meter, das Licht dagegen in derselben Zeit 300 Millionen Meter zurücklegt. Bevor ich zur Schilderung der einschlägigen Apparate und Instrumente übergehe, will ich durch Schilderung eines Experiments im Allgemeinen ein Beispiel geben, wie man derartiges Arbeiten überhaupt dem Auge zur An-

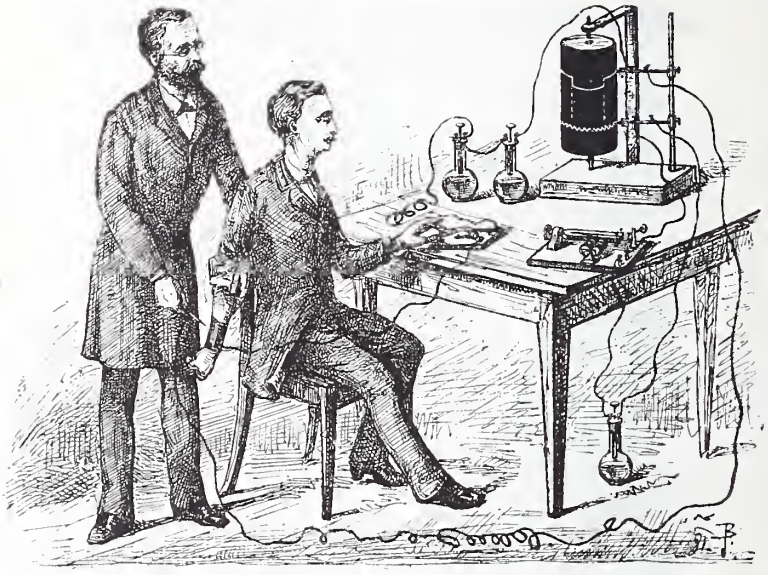


Fig. 129. Experimenteller Nachweis der Geschwindigkeit der Nervenleitung.

schauung bringen kann. Versuchen wir die Zeit annähernd zu bestimmen, welche nöthig ist, um von irgend einer Stelle des Körpers, welche gereizt wird, die betreffende Empfindung dem Gehirn zu übermitteln und welche Zeit weiter nöthig ist, um von dieser Centralstätte des Willens aus eine entsprechende Bewegung auszulösen. Auf dem Tische (Fig. 129) befindet sich ein elektrischer Kontakttaster, wie man solche in der Telegraphie täglich benutzt, ausserdem ein mittels eines in dem unteren Kästchen des Apparates verschlossenen Präzisionsuhrwerkes sich drehender berusster Cylinder, auf welchem zwei durch kleine Elektromagnete in Bewegung gesetzte Federn aus Aluminium angebracht sind. Weiter sehen wir noch

einen Apparat auf dem Tische stehen, welcher eine durch einen Elektromagneten in beständiges Schwingen versetzte Stimmgabel darstellt. (Vgl. Bd. I, S. 348 Fig. 329.) Die Stimmgabel macht 100 Schwingungen*) in einer Sekunde und einmal angeschlagen, schwingt sie, von dem nach vorn sichtbaren Elektromagneten, durch welchen der Strom eines einfachen Tauchelements geht, angezogen und abgestossen, ebenso, wie der Wagner'sche Hammer eines Induktionsapparates, in perpetuirlicher Bewegung weiter. In unserer Fig. 129 steht das zugehörige Element auf der Erde. In den Stromkreis dieses Elements und der galvanisch schwingenden Stimmgabel ist ein zweiter kleiner Elektromagnet und in Verbindung mit dessen Anker eine feine Aluminiumfeder befestigt, die durch gleichmässige Uebertragung der Schwingungen der Stimmgabel kleine sehr rasche Bewegungen auf und nieder macht, die sich auf dem sich drehenden Cylinder in Form einer Kurve offenbaren. Wenn nun die Stimmgabel in einer Sekunde 100 halbe Schwingungen macht, so macht selbstverständlich die Aluminiumfeder, da sie in denselben Stromkreis eingeschlossen ist, gleichfalls 100 Schwingungen in der Sekunde, die sich beim Drehen des berussten Cylinders als eine Kurve aufzeichnen, von welcher jeder Hügel $^1/_{50}$ Sekunde bedeutet, mithin jeder aufsteigende und absteigende Schenkel eines kleinen Hügelchens resp. die Abscisse eines solchen Abstandes $^1/_{100}$ Sekunde. Der zweite Stromkreis, den wir an dem auf dem Tische aufgestellten Apparate sehen, wird von den daselbst stehenden Tauchelementen unterhalten; derselbe nimmt seinen Weg nach dem Apparate mit dem sich drehenden berussten Cylinder und geht hier an eine zweite kleine elektromagnetisch getriebene Aluminiumfeder, welche oberhalb der vorher geschilderten befestigt ist; von hier nimmt der Strom nach einer an einem Handgriffe befestigten feinen spitzen Nadel seinen Weg, während der andere entgegengesetzte Pol der Tauchelementen-Batterie mit dem schon Eingangs erwähnten Telegraphentaster verbunden ist. Die aufrecht stehende Person in unserer Abbildung Fig. 129 legte der sitzenden um den rechten Arm ein fest auf die Haut angedrücktes, aus einem breiten Stanniolstreifen bestehendes Bracelet, welches durch eine kurze Drahtleitung ebenfalls mit dem auf dem Tische stehenden Telegraphentaster verbunden ist. Der Taster ist so gestellt, dass, wenn er nicht berührt wird, der durch ihn hindurchgehende Strom geschlossen ist. Nun geht der betreffende Strom von der auf dem

*) Es sind hier immer sogenannte „halbe" Schwingungen gemeint.

Tische stehenden kleinen Batterie zu der oberen elektromagnetisch bewegten Schreibfeder der berussten Trommel, von hier nach der früher erwähnten scharfen Nadel, falls mit dieser Nadel das Bracelet berührt wird, durch den Telegraphentaster hindurch wieder nach der Batterie zurück. Schliesst der Stehende nun durch Berührung mit der Nadel den Strom, so hört man den kleinen Elektromagneten der oberen Schreibfeder einmal knacken, weil der kleine Anker des Elektromagneten angezogen wird. Drückt aber bald darauf der auf dem Stuhle Sitzende mit seinem auf dem Taster aufliegenden Finger auf denselben, so wird hierdurch der elektrische Strom wieder geöffnet, man hört ein zweites Knacken an dem kleinen Elektromagneten, indem letzterer seinen Anker wieder loslässt. Der Effekt dieses Oeffnens und Schliessens des kleinen Elektromagneten ist auf dem berussten Cylinder in der oberen Zeichnung ausgedrückt, indem die beiden Striche, welche senkrecht nach unten gehen und eine Ausbuchtung der Figur darstellen, das Oeffnen und Schliessen des oberen kleinen Elektromagneten bedeuten. Nun wird der auf dem Stuhle Sitzende, ohne dass er vorher darauf aufmerksam gemacht wird, mit der Nadel durch das Stanniolbracelet hindurch mittels einer sehr raschen, plötzlichen Stossbewegung gestochen und in dem Momente, wo er den Stich spürt, hat er mit dem schon auf dem Taster liegenden Finger einen kleinen Druck zu geben, so dass der Taster den Stromkreis unterbricht. Damit der auszuübende Stich zum Bewusstsein komme und im Gehirn der Willensimpuls, den Taster zu drücken, ausgelöst und solches auch ausgeführt werde, dazu gehört eine bestimmte Zeit und diese Zeit beträgt nach bekannten physiologischen Untersuchungen pro Meter ca. $^1/_{30}$ bis $^1/_{60}$ Sekunde je nach der Individualität des Einzelnen, d. h. die Empfindung wird in der Nervenleitung des menschlichen Körpers im 30ten bis 60ten Theile einer Sekunde einen Meter weit fortgeleitet, oder mit anderen Worten die Empfindung legt in gesunden Nerven in einer Sekunde durchschnittlich einen Weg von 30 bis 60 Metern zurück. Dieser bedeutende Unterschied hat seine Ursache in der individuellen Verschiedenheit einzelner Menschen und der Leitungsfähigkeit ihrer Nerven, ein Umstand, den man mit dem Ausdrucke der „persönlichen Gleichung“ bezeichnet hat. Verschiedene Untersuchungsmethoden haben übrigens verschiedenen Physiologen differente Resultate ergeben; es ist nicht mein Zweck, hier kritisch dieser oder jener Methode der Messung den Vorzug zu geben, sondern nur auf das Prinzip der betreffenden Messvorrichtungen aufmerksam zu machen.

Schreiten wir daher zur Prüfung des Experimentes selbst. Vor allen Dingen ist der berusste Cylinder durch Auslösung eines Kontaktes in Bewegung zu setzen. Die untere Feder bildet ihre kleine Kurve, während die obere eine gerade Linie aufschreibt. In dem Momente, wo der Sitzende auf den Taster gedrückt hat, war das Experiment ausgeführt und auf dem berussten Cylinder die obere gerade Linie durch eine tiefer liegende mittels senkrechter Striche mit ihr verbundene Linie unterbrochen. Diese Unterbrechung deutet uns die Zeit an, welche nöthig war, den Stich dem Gehirne zur Empfindung zu bringen, den Willen für den Tasterdruck auszulösen und solchen auszuführen. Fällen wir nun 2 Abscissen von den betreffenden Punkten nach unten und zählen wir die Schenkel der Kurven-Hügelchen ab, so sind es deren fünfzehn. Wenn nun jeder Strich $^1/_{100}$ Sekunde bedeutet, so betragen jene 15 Striche ($7^1/_2$ Hügel = 0,15 Sekunden). Die Entfernung der beiden Striche von einander giebt die Zeit an, welche nöthig war, um den durch den Nadelstich hervorgebrachten Schmerz im Gehirne des Betreffenden zur Empfindung zu bringen und dort durch die Thätigkeit der Ganglienzellen den Effekt auf irgend welche Bewegungsnerven zu übertragen, damit die auf dem Taster ruhende Hand den erwähnten Druck gebe. Während diese Thätigkeit auf den Magneten übertragen und durch denselben aufgeschrieben wurde, arbeitete nun gleichzeitig der erstererwähnte Elektromagnet und schrieb fortwährend seine kleinen Striche auf die berusste Walze. Es handelt sich demnach bei diesem Experimente im Prinzipe um Umwandlung von Zeitdistanzen in Raumdistanzen. Es ergiebt in der That die vergleichende Abzirkelung der Raumdistanzen der beiden von dem zweiten Elektromagneten hervorgerufenen Striche für das ganze Experiment an Zeitdauer 0,15 Sekunden. Es hatte demnach 0,15 Sekunden Zeit bedurft, um durch die Nervenleitung des menschlichen Körpers die Empfindung des Stiches zum Bewusstsein zu bringen und im Gehirne die Willensbewegung sowie die Ausführung auszulösnn, welche den Telegraphentaster in Bewegung setzte. Dieses Resultat stimmt mit den Forschungen hervorragender Physiologen, in erster Linie den Helmholtz'schen Untersuchungen überein. Dieselben haben ergeben, dass die Nachricht von einem Eindrucke, der auf das Hautende empfindender Nerven gemacht wird, sich, und zwar bei verschiedenen Individuen etwas verschieden, mit einer Geschwindigkeit von ca. 60 Metern in der Sekunde nach dem Gehirne fortpflanzt. Im Gehirne angekommen, vergeht eine Zeit von etwa $^1/_{10}$ Sekunde, ehe der Willen die Bot-

schaft an die Muskelnerven abzugeben im Stande ist, vermöge deren eine bestimmte Bewegung ausgeführt werden soll; ausserdem vergeht etwa $^1/_{100}$ Sekunde, ehe sich der Muskel nach Empfangnahme der Nachricht in Thätigkeit setzt, so dass im Ganzen von der Reizung des empfindenden Nerven bis zur Bewegung der, den Reiz meldenden Muskeln etwa 0,125 bis 0,2 Sekunden verstreichen, bei unserem Experimente, wie erwähnt, 0,15 Sekunden.

Statt der graphischen Methode und der Benutzung einer Stimmgabel zur Zeitmessung kann auch die folgende photographische Messmethode unter Benutzung eines Chronoskops mit Erfolg verwendet werden. Man hat für diesen Fall nur nöthig, den in Figur 129 abgebildeten elektrischen Stimmgabel-Apparat statt mit dem dort abgebildeten berussten Cylinder mit einer Vorrichtung in Verbindung zu setzen, wie solche in Bd. I Fig. 332 zu photographischen Zwecken abgebildet und daselbst auf Seite 349 bis 353 beschrieben ist.

Hierzu kann auch eine Methode, durch welche folgende drei Thätigkeiten in einem Momente ausgeführt werden, dienen:

1. Die Oeffnung und dann die Schliessung eines Objektivs;
2. Das gleichzeitige Aufziehen des Kassettendeckels der Kamera und
3. Der Eintritt der Lichtwirkung.

Bei der Raschheit, mit welcher die nöthigen Hilfsbewegungen am Apparate ausgeführt werden müssen, war es nur denkbar, das gewünschte Resultat mit Hilfe des galvanischen Stromes zu erreichen. Ich hatte mir deshalb die Aufgabe gestellt, durch denselben das Oeffnen und Schliessen des Objektivs auf automatische Weise bewerkstelligen zu lassen und bin zu diesem Resultate mit folgender Zusammenstellung gelangt. An dem Brette D in Fig. 130, an welches die kleine Kamera h festgeschraubt ist und hinter welcher sich die Schlittenkassette B (Figur 131) befindet, ist eine elektromagnetische Vorrichtung m angebracht. Dieselbe besteht aus einem doppelten Eisenkern; der mit einer Anzahl umsponnenener Kupferdraht-Windungen umwickelt ist. Ueber diesem kleinen Elektromagneten befindet sich ein Anker k; von diesem Anker geht ein Hebelarm $k\,i$ aus, welcher seinerseits wiederum mit einem zweiten Hebelarm $i\,h$ durch ein Gelenk in Verbindung steht. Am Ende des zweiten Hebels $i\,h$ befindet sich eine runde schwarze Pappscheibe h befestigt, welche die Oeffnung der Kamera, an welcher man sich das Objektiv angeschraubt zu denken hat, verschliesst. In der zwischen i und h gelegenen Seitenwand der Kamera befindet sich ein sehr feiner Schlitz, in welchem der Hebel $i\,h$ sich ohne Reibung auf- und abbewegen kann.

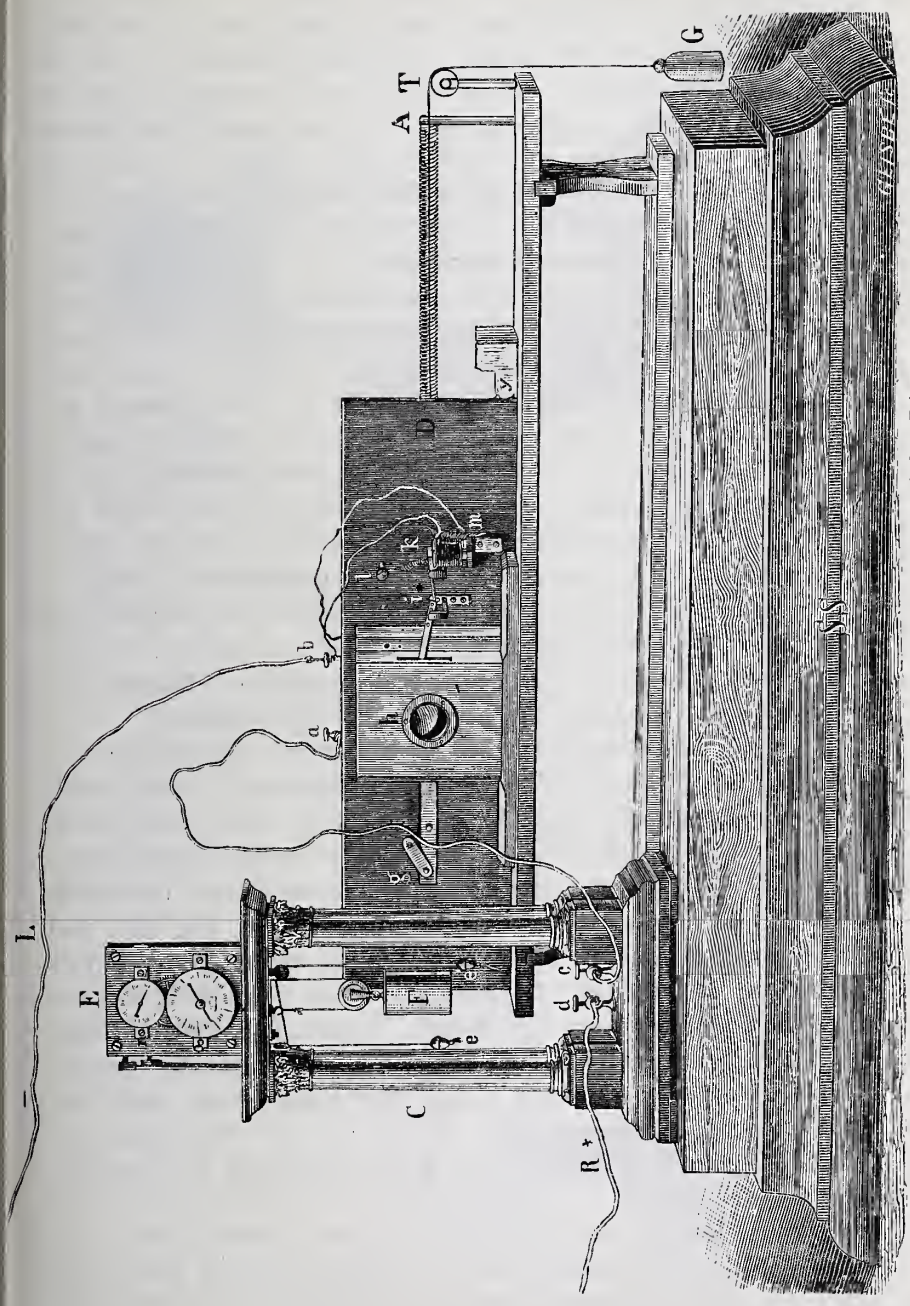


Fig. 136. Vordere Ansicht des Apparates zur photo-elektrischen Zeitmessung.

und welcher so eingerichtet ist, dass kein Licht auf die hinter der Objektivöffnung h vorbeigleitende Platte dringen kann. Ueber dem Elektromagneten $m\,k$ befindet sich eine kleine Spiralfeder $k\,l$. Wenn nun ein elektromagnetischer Strom um die beiden Eisenkerne m kreist, so werden dieselben magnetisch und ziehen den Anker k an. Wenn der Anker k angezogen wird, hebt sich der Hebel $k\,i$ bei i und wenn sich der Hebel $k\,i$ bei i hebt, senkt sich der zweite Hebel $i\,h$, welcher mit dem ersten durch das Gelenk i in Verbindung steht, mit dem Deckel h vor das Objektiv. So lange nun der elektrische Strom nicht unterbrochen ist, bleibt der Objektivdeckel h geschlossen. Im Momente aber, wo der elektrische Strom unterbrochen wird, lässt der Elektromagnet m den Anker k los und die Feder $k\,l$ reisst denselben sofort in die Höhe, wodurch dann durch den Doppelhebel der Deckel h mit in die Höhe geht und dadurch das Objektiv geöffnet wird. Unterbricht man nun den um m kreisenden elektrischen Strom abwechselnd sehr rasch, so wird der Deckel h ebenso rasch am Objektiv auf- und abspringen. Diese Vorrichtung, wie sie bisher beschrieben ist, kann man nun an jedem photographischen Apparate, mit welchem man Moment-Aufnahmen machen will, als vorzüglichen und ungemein raschen Momentverschluss anbringen, indem, wie ich später nachweisen werde, die genau zu berechnende Oeffnungs- und Schliessungszeit des Apparates kaum $^1/_{500}$ Sekunde beträgt.

Es darf zum Photographiren kurzdauernder Bewegungen das Objektiv nur so lange offen sein als die Lichtkurve, welche durch die Bewegung auf die empfindliche Platte fixirt werden soll, Dauer hat. Um dieses nun zu erreichen, habe ich das Oeffnen und Schliessen des Objektivdeckels der vorbeifliegenden Kassette selbst übertragen und zwar auf folgende Weise: An der Kassette B, Fig. 131 sind drei Messingstifte $v\,v'\,v''$ angebracht, welche an den zwei Federn $r\,x$ und $s\,x$ vorbeigleiten. Die Federn $r\,x$ und $s\,x$ nähern sich bei x auf die Entfernung von $^1/_2$ Centimeter einander; die Federn stehen durch die Klemmschrauben a und b mit den Drähten einer galvanischen Batterie in Verbindung. Der galvanische Strom kann aber nur von s nach r gelangen, wenn einer der Stifte v vor x steht, da derselbe alsdann die Verbindung der beiden den Strom unterbrechenden Federn vermittelt.

Denken wir uns nun den Stift v vor der Verbindungsstelle der beiden Federn bei x ruhig stehen. Es würde alsdann der von R kommende elektrische Strom durch a nach s gehen, von s nach $x\,v$, von hier nach r. Von r aus geht der Strom hinüber auf die andere

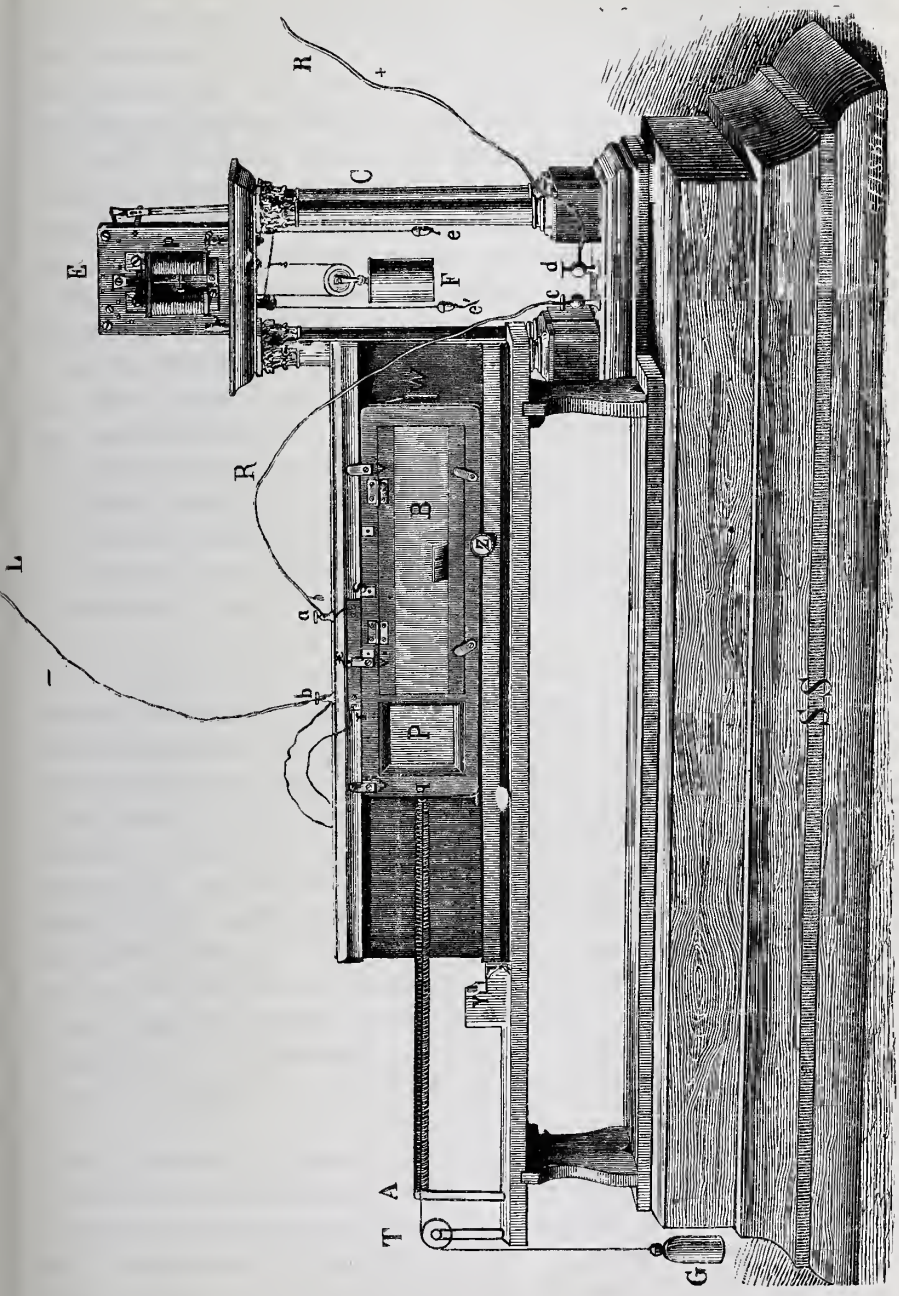


Fig. 131. Rückwärtige Ansicht des Apparates zur photo-elektrischen Zeitmessung.

Seite des Apparates (Fig. 130), nach dem Elektromagneten m, umkreist hier denselben bis k und geht dann von k nach b zurück, um von b aus durch den Leitungsdraht L wieder zur Batterie zu gelangen. Während nun auf diese Weise der galvanische Strom geschlossen ist, wird auch nach obiger Auseinandersetzung der Objektivdeckel geschlossen sein. Im Momente aber, wo der Stift v (Fig. 131) die Federn $r\,x$ und $x\,s$ verlässt, ist der Strom unterbrochen und in dem Momente, wo der Strom unterbrochen ist, hört die Anziehungskraft des Elektromagneten auf und der Objektivdeckel öffnet sich. Nun schnellt die auf leicht beweglichen Rädchen hinfliegende Kassette, durch die Kraft der Feder A gezogen, an dem Objektiv vorüber, bis sie sich bei y in einen Schnäpper, der sie am Zurückprallen hindert, einfängt. In demselben Momente, wo die Kassette wieder steht, ist zugleich der zweite Stift v' in die Stelle x eingesprungen und hat den elektrischen Strom wieder geschlossen. In dem gleichen Momente also schliesst sich der Objektivdeckel wieder und grenzt damit die Lichtwirkung ab. Durch Einwirkung des elektrischen Stromes in der Zeit, welche während der Bewegung von v bis v' verstreicht, bleibt demnach das Objektiv für den Durchtritt des schreibenden Lichtstrahles geöffnet.

Der Schieber der Kassette wird im Momente des Beginnes der Bewegung durch einen federnden Stift g (Fig. 130), welcher in eine kleine Vertiefung des Kassettendeckels einspringt, auf automatische Weise ebenfalls momentan aufgezogen. Während der Bewegung der Kassette wird der leicht verschiebbare Kassettendeckel durch jenen Stift festgehalten, macht daher die Bewegung der Kassette nicht mit, wodurch letztere geöffnet an dem Objektiv vorbeischiesst. Ein zweiter Hemmstift ist bei z (Fig. 131) angebracht; wird dieser mit der Hand um ein Minimum herausgezogen, so beginnt die Zugkraft der Feder A sofort ihre Wirkung und die Kassette schnellt, bis sie an den Schnäpper y gelangt, vorüber. Bei der an meinem Apparate angebrachten Zugfeder beträgt die Zeit der Zugbewegung $^1/_{10}$ Sekunde. Während dieser Dauer wird eine Kurve von 15 Centimeter Länge photographirt.

Um einen gleichmässigen Gang der Kassette zu erzielen, muss eine Vorrichtung angebracht sein, welche das Nachlassen der Federkraft in der letzten Zeit ihrer Zusammenziehung ausgleicht. Dieses wird am besten durch ein fallendes Gewicht herbeigeführt. In unserer Figur geht durch die ganze Spiralfeder hindurch bis zu deren Anheftungspunkt an der Kassette eine Schnur, welche über die Rolle

T läuft und an ihrem entgegengesetzten Ende ein Gewicht G trägt, welches dieselbe Kraft durch Fall ausübt, welche die Feder durch Zug bethätigt. Nur ist die Kraftveränderung während der Thätigkeit beider Kräfte eine umgekehrte. Das fallende Gewicht nimmt während seiner Thätigkeit an Kraft zu; die Feder während des Ziehens an Kraft ab. Wenn die Feder sich zusammenzieht und die Kassette gegen R zu bewegt, fällt zu gleicher Zeit das Gewicht G; das Gewicht G fällt um so schneller, übt demnach um so mehr Kraft aus, je mehr die Kassette nach T gelangt, während gleichzeitig die Feder durch ihre allmälige Entspannung um so weniger Kraft ausübt. Das Mehrziehen des Gewichtes gleicht demnach das Wenigerziehen der Feder aus. Das richtige Verhältniss wird dadurch erreicht, dass man ein Hohlgefäss als Gewicht anwendet, in welches man durch Tariren so viele kleine Gewichte einlegt, als nöthig sind, um das Nachlassen der Federkraft auszugleichen.

Steht einmal die Zeit des Vorbeigleitens fest, so ist es ein Leichtes, durch Divisionsrechnung und Abmessung die einzelnen Zeitmomente der Lichtwirkung an der Kurve zu berechnen. Handelt es sich aber um raschere oder langsamere Bewegung der Kassette, so muss für die jedesmalige Aufnahme die verflossene Zeit neuerdings bestimmt werden. Hierzu dient entweder die oben geschilderte Stimmgabelkurve oder das, von dem bekannten Uhrenteckniker Dr. Hipp in Neufchâtel konstruirte Chronoskop, welches man zu den verschiedenartigsten minimalen Zeitbestimmungen benützt. Dieses Instrument C (Fig. 130 und 131) besteht aus einem Uhrgehäuse, welches zwei Zeigerwerke führt. Der Umgang bei dem oberen Ziffernblatte n wird in $^1/_{10}$ Sekunde, bei dem unteren Ziffernblatte o in 10 Sekunden bewerkstelligt. Jedes Zifferblatt ist in 100 Grade eingetheilt, mithin zeigt jeder Grad des oberen Zifferblattes $^1/_{1000}$, jeder Grad des unteren Zifferblattes $^1/_{10}$ Sekunde an. Das Uhrwerk E wird durch das Gewicht F, welches in gewöhnlicher Weise aufgezogen wird, in Bewegung gesetzt; die Stränge e und e' führen zu einer Hemmung, welche dazu dient, das Uhrwerk in Gang zu setzen oder zum Stillstand zu bringen. Wenn das Uhrwerk aufgezogen ist und die Hemmung sich ausser Kontakt mit dem Räderwerk befindet, so setzt sich das Zeigerwerk in Bewegung, sobald man an dem Strange e zieht und steht still, wenn man den Strang e' anspannt. Das Stillstehen des Zeigerwerkes kann aber auch durch den elektrischen Strom erreicht werden, indem an der Hinterseite des Uhrwerkes E (Fig. 131) ein Elektromagnet p angebracht ist, welcher, wenn der Strom um ihn

kreist, einen Anker anzieht, der mit einem, in das Uhrwerk eingreifenden Hemmungsstifte in Verbindung steht. Diese ganze Vorrichtung nun wird mit in den elektrischen Strom bei c und d eingeschaltet. Wenn nun der Stift v (Fig. 131) die Stromkette schliesst, so wirkt auch zugleich der Elektromagnet p und hemmt das Uhrwerk. Während der Zeit aber, wo die Kassette von v nach v' vorbeischnellt und der elektrische Strom unterbrochen ist, wird auch der Elektromagnet p ausser Thätigkeit gesetzt und das Uhrwerk ist während dieser Zeit im Gang. Um nun die Zeit zu bestimmen, welche zwischen dem Vorbeigleiten der Kassette von v nach v' verstreicht, notirt man sich, bevor man den Stift z herauszieht, die Zeigerstellung auf beiden Zifferblättern. Steht zu dieser Zeit der untere Zeiger auf 70 und der obere Zeiger auf 20 und nach Vorbeigleiten der Platte der untere Zeiger auf 71 und der obere Zeiger auf 55, so wissen wir, dass $^1/_{10} + {}^{35}/_{1000}$ Sekunde Zeit, also $^{135}/_{1000}$ Sekunde Zeit zu dem Vorbeigleiten der Platte an dem Objektiv nöthig war oder vielmehr, dass die Lichtwirkung $^{135}/_{1000}$ Sekunde gedauert hat.

Von diesem Ergebnisse muss die Minimal-Zeitdauer, welche das Magnetischwerden der Eisenkerne beansprucht, sowie die Zeit, welche während des Angezogenwerdens der Anker verstreicht, in Abzug gebracht werden. Diese Zeit findet man durch sogenannte Differenzversuche und ist zu diesem Zweck an der Kassette ein dritter Stift v'' angebracht. Man lässt dann, um jene Differenz herauszurechnen, zuerst die ganze Kassette mit der matten Scheibe P, dann bei einem zweiten Versuche nur den Theil von v bis v' vorbeigleiten. Der ganze Apparat ist zur Vermeidung von Zitterbewegungen auf einem schweren, mit Blei ausgegossenen Sockel S, S. aufgeschraubt. Derselbe kann auch an Stelle der in Figur 118 und 124 abgebildeten Kamera benutzt werden.

Des Weiteren hat Marey eine höchst ingeniöse Methode ersonnen, mit Hilfe der Photographie auf sehr einfache Weise die Fallgeschwindigkeit der Körper zu bestimmen. Von einer 10 Meter hohen und 10 Meter breiten, durch weisse Linien in Quadrate von je 1 Quadratmeter Grösse eingetheilten Wand lässt er einen weissen Körper, dem anfänglich ein Stoss in horizontaler Richtung gegeben worden war, fallen (Figur 132). In geeigneter Entfernung ist eine photographische Kamera mit empfindlicher Platte aufgestellt, vor deren Objektiv sich eine, mit 10 in gleichen Abständen radial stehenden Oeffnungen versehene, durch Federkraft getriebene Scheibe um ihre Axe dreht. Diese Scheibe macht eine Umdrehung in $^1/_{10}$ Sekunde.

Die Oeffnungen der Scheibe kommen bei der Umdrehung vor die Mitte des Objektivs zu stehen, sodass in jedem Momente, wo eine Oeffnung vor dem Objektive vorbeischnellt, ein Lichteindruck von dem fallenden Körper erhalten wird. Da nun die Scheibe in $^1/_{10}$ Sekunde sich einmal um ihre Axe bewegt, so wird demnach von einer Eröffnung des Objektivs zur zweiten, respektive dritten und vierten je $^1/_{100}$ Sekunde Zeit verstreichen. Macht nun der von der schwarzen Wand herunterfallende Körper auf der lichtempfindlichen Platte, wie in unserer Abbildung ersichtlich, fünf Lichteindrücke, die ungleich weit von einander entfernt stehen, so geht aus diesem Bilde ganz genau hervor, wie viel Fallzeit der betreffende Körper benöthigte und wie viel derselbe beim tieferen Fallen sich schneller bewegte, als beim Beginn seiner Bewegungskurve. Figur 133 zeigt das Fallen eines elastischen Körpers, welcher auf einen harten Boden auffällt und nochmals emporspringt, um wieder zu fallen. Es lässt sich aus diesem Bilde mit Leichtigkeit berechnen, in welcher Weise bei dem Emporspringen des Körpers die Bewegung verlangtsamt eventuell beim Wiederfallen vermehrt worden ist.

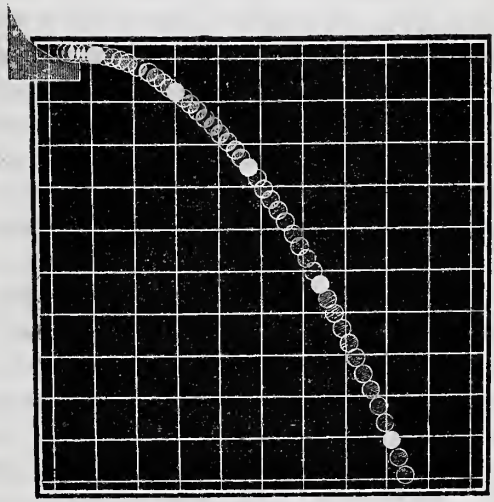


Fig. 132. Photographie eines fallenden Körpers.

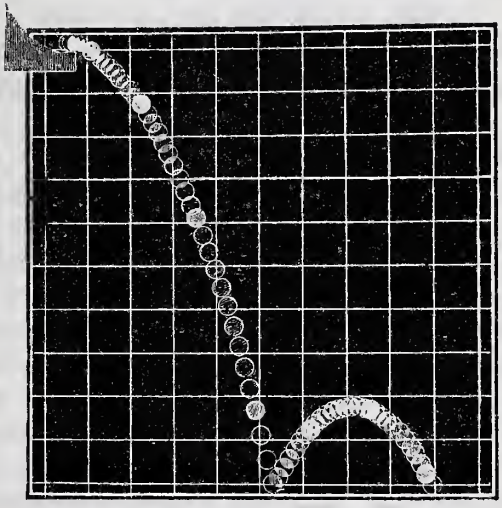


Fig. 133. Photographie eines elastischen-hüpfenden Körpers.

4. PHOTOGRAPHIE DER INTERFERENZ-, BEUGUNGS- UND POLARISATIONSERSCHEINUNGEN DES LICHTES.

Die Interferenzerscheinungen des Lichtes, mit deren genauester Erforschung Thomas Young, gestützt auf Grimaldi's, Newton's und Hooke's Beobachtungen, die Wissenschaft bereichert hat, eignen sich zur photographischen Darstellung. Hierdurch ist uns ein Mittel an die Hand gegeben, in manchen Fällen die Wirkung der interferirenden Wellen im objektiven Bilde mit einander zu vergleichen. Bekanntlich lässt sich aus dem Durchmesser der farbigen Newton'schen Ringe die Dicke der dünnen Blättchen berechnen, aus welcher die Wellenlängen der einzelnen, das Bild hervorrufenden Lichttheilchen sich ergeben. Wird ein derartiges kleines Ringbild photographisch aufgenommen, so kann man das erhaltene Negativ mit dem Steinheil'schen Aplanate auf die in Bd. I, S. 270 erwähnte Methode photographisch vergrössern; es gestatten alsdann die dem ursprünglichen Bilde proportionalen Verhältnisse der Vergrösserung eine sowohl genauere als auch leichtere Berechnungsmethode, und der Beweis für die von Newton entdeckten Gesetze der Proportionalität der Ringe wird hierdurch bedeutend erleichtert.

Uebrigens soll mit diesem Nachweise nur eine Anregung zur Benutzung der Photographie bei den bezeichneten Studien gegeben werden. Die vielen zugehörigen und zur photographischen Darstellung sich eignenden Erscheinungen hier eingehender zu besprechen, würde uns zu weit führen.

Ebenso wollen wir nur im Vorübergehen auf die Verwendung der Photographie zur Darstellung der mannichfachen Beugungserscheinungen des Lichtes aufmerksam machen, indem es möglich ist, alle derartigen Bilder bei Anwendung aktinischer Lichtquellen zu photographiren. Wir haben nur an die Stelle unseres Auges die photographische Camera obscura und die lichtempfindliche Platte zu substituiren, um dasjenige Bild dauernd zu bewahren, welches die Elemente unserer Retina vorübergehend in Schwingungen versetzt.

Dagegen wollen wir der Photographie mittels der Polarisationsapparate eine etwas eingehendere Betrachtung widmen, indem wir die hierher gehörigen physikalischen Lehren bei denjenigen unserer Leser als bekannt voraussetzen, welche aus unseren Schilderungen einen praktischen Nutzen zu ziehen gedenken.

Zunächst drängt sich dem mit den polarisirenden Eigenschaften der Krystalle sich befassenden Forscher der Wunsch auf, sowohl die

einfachen als die komplizirten Kreuzungslinien und Ringsysteme, welche sich unter verschiedenen gegenseitigen Stellungen der polarisirenden Medien dem Auge darbieten, naturgetreu abzubilden, da solche Abbildungen die Ergründung des Axensystems und der Brechungsverhältnisse der Krystalle wesentlich erleichtern. Hier wird also die Photographie in mannichfacher Beziehung, besonders hinsichtlich der Winkelbestimmungen, eine höchst schätzenswerthe Unterstützung gewähren können.

Um nun auf photographischem Wege Polarisationsbilder zu gewinnen, hat man nur eine kleine Auszieh-Kamera mit 12linigem Objektive an einen Polarisationsapparat anzufügen. Zu diesem Zwecke eignen sich sowohl Spiegel- als Prismenapparate. Die Kassette soll eine längliche Form haben, um durch Verschiebung der Platte ein Doppelbild aufnehmen zu können, da die Arme eines dunkeln Kreuzes welche den Schwingungsrichtungen im Polarisator und Analysator parallel sind, sobald der Analysator um 90 Grad gedreht wird, sich in eine leuchtende Zeichnung verwandeln, wie denn auch jeder dunkle Ring während der Drehung in einen hellen übergeht. Dadurch, dass wir zwischen den beiden Aufnahmen die Kassette verschieben, erhalten wir beide sich mathematisch deckende Erscheinungen auf einer Negativplatte.

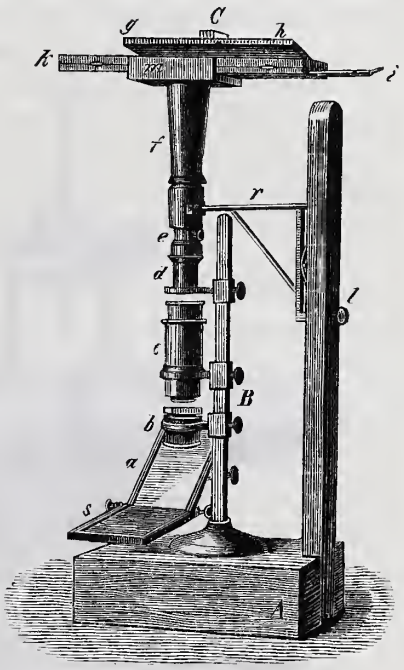


Fig. 134. Polarisationsapparat zum Photographiren.

In Figur 134 sehen wir den Nörremberg'schen Spiegel-Prismenapparat (*B*) in Verbindung mit einer an einem Gestelle *A* verschiebbaren photographischen Einrichtung (*C*). Das von dem Spiegel *s* kommende Licht wird von den in *a* zusammengefügten Spiegelglasplatten polarisirt und auf das in *b* befindliche Objekt geworfen; in *c* befinden sich verschiedene Linsen zur Konzentration des Lichtes. Die durch den Analysator, das Nicol'sche Prisma *d*, hervorgerufenen Polarisationsbilder werden mittels des Objektivs *e* auf die matte

Scheibe k der konischen Kamera f geworfen. Hier wird das Bild scharf eingestellt, was sowohl durch Verschieben der einzelnen Theile des Polarisationsapparates (b, c, d) als auch durch Auf- und Abbewegen der ganzen photographischen Einrichtung (bei r und l), sowie durch Verstellen der Objektivschraube (bei e) zu geschehen hat. Ist die Einstellung gelungen, so wird die Scheibe um circa 5 Centimeter in dem Schlitten m verschoben, damit an dieselbe Stelle die mit ihr verbundene Kassette $g\,i$ trete, deren Deckel $g\,h$, der Deutlichkeit wegen, auf unserem Bilde etwas geöffnet ist. Befindet sich die Stelle

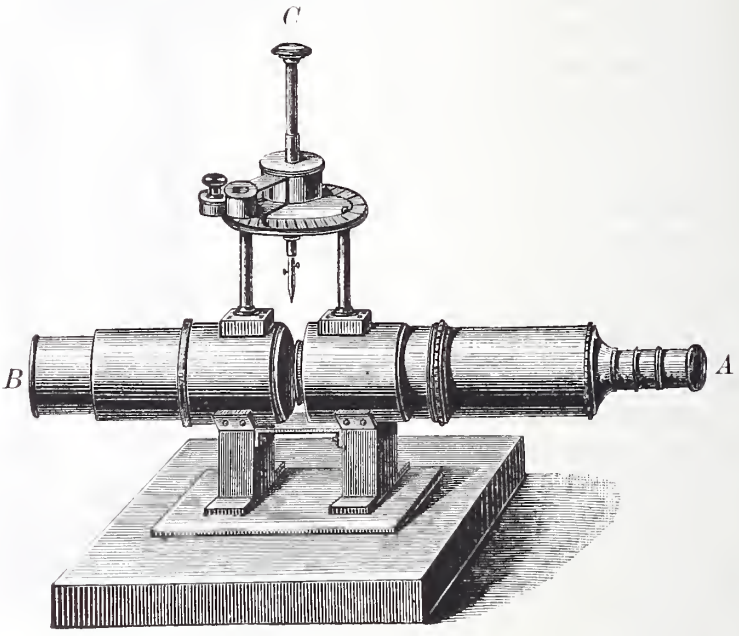


Fig. 135. Des Cloiseaux's Polarisationsapparat.

$g\,C$ über dem Objektive e, so wird der Schieber bei i vorsichtig aufgezogen und die Lichtwirkung beginnt. Die Exposition wird, da die Polarisationsbilder infolge der Absorption vielen Lichtes ziemlich lichtschwach sind, stets längere Zeit (je nach deren Helligkeit 1 bis 2 Minuten) in Anspruch nehmen, und muss die Dauer der Expositionszeit der Erfahrung des Exponenten anheim gestellt bleiben.

Ist das erste Bild genügend exponirt, so wird das Licht durch einen Karton abgeblendet, die Kassette um 2 Zoll weiter geschoben, der Analysator d um 90 Grad gedreht, und die zweite Aufnahme nach Entfernung der Kartons vorgenommen. Beide Bilder werden

gleichzeitig entwickelt, fixirt und auf die mehrfach erwähnte Methode vollendet.

Bei dem in Figur 135 abgebildeten Des Cloiseaux'schen Apparate, welcher 2 grosse Nicol'sche Prismen enthält, wird in analoger Weise verfahren und kann man jede horizontal stehende photographische Kamera anwenden, indem man das Okular A des Polarisationsapparates $A\,B$ durch Anschieben an ein photographisches Objektiv mit diesem verbindet, die Kamera soweit auszieht, bis das Polarisationsbild scharf auf der matten Scheibe erscheint und im Uebrigen wie oben angegeben verfährt. Die Objekte, besonders zu untersuchende Krystalle, werden mit der bei C verstellbaren Pinzette festgehalten, und während der Beobachtung in ein Oelbad, das eine geringere Ablenkung der Lichtstrahlen veranlasst, gesenkt. Dieses Oelbad befindet sich zwischen den beiden Tuben $A\,B$ in einem senkrechten Glastroge, der in Figur 135, um die Deutlichkeit nicht zu beeinträchtigen, weggelassen ist. —

Nicht nur zur Unterstützung bei optischen und akustischen Untersuchungen wird sich die Photographie dienstbar erweisen; auch auf fast allen anderen Gebieten der darstellenden Experimentalphysik dürfte sich unsere Kunst, ebenso wie wir Solches für die Physik des Himmels, der Luft und der Erde nachgewiesen haben, allmählich einbürgern und vortheilhaft verwenden lassen.

Besonders wird man zuvörderst in der Mechanik und Hydrodynamik die Anhaltspunkte leicht auffinden, sowie mit Hilfe des elektrischen Stromes in Nähe und Ferne noch viele Erscheinungen zur Verwerthung für Wissenschaft und Leben den Wirkungen des Lichtes erschliessen können.

Mit diesen Andeutungen beenden wir das Kapitel von der Verwendung der Photographie für physikalische Untersuchungen. Es erhellt, dass die einschlagenden Arbeiten sich erst im Entstehen befinden und hoffen wir, zum weiteren Anbau dieses ergiebigen Feldes einige Anregung gegeben zu haben.

ANMERKUNGEN UND ZUSÄTZE.

Zu Seite 36.

In den untersten Zeilen genannter Seite findet sich eine, schon in der ersten Auflage dieses Buches enthaltene unrichtige Angabe, betreffend die Mitglieder der im August 1868 nach Aden gesandten Expedition zur Beobachtung der in dem betreffenden Paragraphen geschilderten Sonnenfinsterniss. Nicht unter Leitung Dr. Hermann Vogel's aus Berlin stand jene Expedition, sondern dieselbe war geführt von dem bekannten Berliner Gelehrten, Professor Dr. Gustav Fritsch.

Auch war die Expedition nicht im Auftrage des norddeutschen Bundes unternommen worden, sondern auf Anordnung und unter den Auspicien des preussischen Staates. Herr Dr. Vogel hat sich überhaupt der Expedition erst angeschlossen, nachdem sich dieselbe in der Nähe von Aden schon etablirt hatte. In Betreff der auf Seite 40 und 41 mit der Bezeichnung „nach Vogel's Photographie" wiedergegebenen Abbildungen der Sonnenfinsterniss von 1868 ist berichtigend zu bemerken, dass hier statt „nach Vogel's Photographie" zu setzen ist „auf Grund der durch die preussische Expedition gewonnenen Photographien reproduzirt." Dr. Vogel spielte bei der Expedition eine nur untergeordnete Rolle.

Zu Seite 69.

Auch die Sternschnuppen sind Gegenstand der Beobachtung zum Zwecke photographischer Darstellung gewesen. Bei dem ausserordentlich grossen Sternschnuppenfall vom 27. November 1885 hat Professor Weinek, Direktor der Prager Sternwarte, im Vereine mit dem Hofphotographen Carl Maloch in Prag bezügliche Experimente angestellt und entnehmen wir den in dem Prager politischen Journale „Bohemia", No. 330, niedergelegten Mittheilungen des Professor Weinek im Auszuge die folgenden Notizen:

„In Dresden bereitete sich für diese Aufnahme der Photograph und Docent Hermann Krone vor. Der photographische Plan war: 1) In Prag und in Dresden mit einem Steinheil'schen Antiplanet No. 4 (Objektivöffnung 43 Millimeter) zu arbeiten, welcher bei voller Oeffnung Lichtstärke mit Korrektheit des Bildes verbindet. 2) Die empfindlichsten Bromsilber-Gelatine-Platten anzuwenden. 3) Den Apparat in etwa 40 Grad Höhe nach Osten zu richten. 4) Mit dem Exponiren um 6 Uhr, d. i. zur Zeit des Aufhörens der sog. astronomischen Dämmerung, zu beginnen und bis zum Mondaufgange fortzufahren. 5) Jede Platte mit genauer Notirung der Anfangs- und Schlusszeit 15 Minuten lang zu exponiren, wodurch wohl die Sterne wegen ihres Fortrückens von Ost nach West als helle Linien erscheinen müssen, derart aber zugleich die Richtung des Aequators auf der Platte fixiren. Sobald die Westseite vollends aufgeklärt war, wurde der photographische Apparat zu Prag auf eine Stelle zwischen Adler, Schwan und Leier gerichtet und von 6 Uhr 42 M. 36 S. bis 6 Uhr 57 M. 1 S. die erste Platte exponirt. Die Zeiten des Beginnes und Endes der Exposition notirte Prof. Weinek mit astronomischer Genauigkeit. Mittlerweile war es auch im Osten klar geworden. Der photographische Apparat wurde deshalb nach Osten gebracht, um die mit Dresden vereinbarte Stelle des Himmels einzustellen. Er wurde auf einen Ort gerichtet, welcher nach oben vom Perseus, links vom Fuhrmanne (Kapella), rechts vom Stier (Aldebaran, Plejaden) und unten vom Saturn umgeben war. Wieder dauerte die Exposition eine Viertelstunde; das Mittel der Zeiten fiel auf 7 Uhr 16 M. 20 S. Aehnlich wurde bei unverrücktem Apparate eine dritte Platte um 7 Uhr 32 M. 58 S. und eine vierte um 7 Uhr 49 M. 42 S. exponirt. Bei Exposition der zweiten Platte trat von Westen her plötzlich ein so heftiger Sturmwind auf, dass er im Thurme Alles durcheinander fegte und den Aufenthalt auf der Galerie in 38 Meter Höhe fast unheimlich gestaltete. Da es schon bei der vierten Platte im Osten etwas bewölkt und schleierhaft geworden, wurde das Photographiren aufgegeben. Um $8^1/_2$ Uhr musste jedes Beobachten aufhören, da der Himmel dicht mit Wolken überdeckt war. Derart wurde auch meine Absicht des Einzeichnens der helleren Meteore in Sternkarten, welches noch nach Mondaufgang, wo das Photographiren

abschliessen musste, bewerkstelligt werden konnte, nicht ausführbar. Die Hervorrufung der photographischen Platten, die in sorgfältigster Weise durch Herrn Maloch geschah, liess sofort die Sterne 1. bis 3. und 4. Grösse klar und präzis erkennen. Von den Plejaden sind beispielsweise fünf Sterne sichtbar. — Sämmtliche Sterne erschienen als feine Linien von nahe gleicher Richtung und Länge. In der That, wird die Brennweite des photographischen Objektives nach dem Steinheil'schen Preis-Kourant zu 240 Millimeter angenommen, so berechnet sich die Länge der äquatorialen Sternwege auf den Platten während 15 Minuten zu 13,1 Millimeter; anderseits muss die Neigung dieser Bahnen gegen die Horizontale, da der Apparat genau nach Westen, resp. Osten gerichtet gewesen, 40 Grade betragen. Es stimmt dies Alles mit der Wirklichkeit. Dagegen scheinen die Sternschnuppen ob ihrer Flüchtigkeit wenig Eindruck auf den hochempfindlichen Emulsionsplatten zurückgelassen zu haben, so dass auf diese noch grössere Instrumente als das benützte anzuwenden wären. Wie fein die Abbildung der Sternschnuppen sein würde, erhellt daraus, dass der ganze Mond auf diesen Platten nur als Scheibchen von zwei Millimeter Durchmesser erscheinen könnte. Immerhin ist auch das an den Sternen mit so einfachen Mitteln gewonnene Resultat interessant und lehrreich für die Herstellung photographischer, direkt vom Himmel aufgenommener Sternkarten, wobei die Sternlinien sich besonders gut zur Abschätzung der relativen Helligkeit der Sterne eignen. Richtet man ferner den photographischen Apparat auf den Polarstern und dessen Umgebung, wo die scheinbare Bewegung eine minimale ist, so wird man in der Lage sein, Studien über Expositionsdauer und chemische Grössenklasse punktartiger Sternaufnahmen zu machen." Zu Dresden ist die Sternschnuppen-Photographie in Folge ungünstiger Witterung leider nicht gelungen, dagegen konnte Prof. Weinek nach einer dem Verfasser zugekommenen Mittheilung eine Sternschnuppe, und zwar auf einer, nach Osten hin zwischen $7^h\ 42^m\ 15{,}9^s$ und $7^h\ 57^m\ 8{,}5^s$ M. Prag U. aufgenommenen, Platte konstatiren. Dieselbe muss demnach eine der hellsten des Abends gewesen sein; trotzdem trat sie nur in der Intensität einer Sternlinie 4. bis 5. Grösse auf. Ihre Länge beträgt 5.3 Millimeter, d. i. 1,3 Grad; die Mitte derselben liegt in Rektasc. = 87,7 Grad und Deklination = + 17,6 Grad; der Positionswinkel, gezählt von Nord über Ost, beträgt 135 Grad und weist auf den ersten Blick nach dem Radiationspunkte γ Andromedae hin. Es braucht wohl nicht hervorgehoben zu werden, dass der Charakter dieser feinen Linie auf der Platte sorgfältig studirt worden und die Annahme einer bez. Verunreinigung der phot. Schicht ausschliesst."

Zu Seite 68.

Die Nummer 2702 der Astrom. Nachrichten bringt die Kunde der Entdeckung eines Nebels durch die Photographie in Paris. Wörtlich heisst es:

Nous avons découvert le 16. Novembre dernier, à l'aide de la Photographie, une nébuleuse nouvelle dans les Pleiades. Voici sa position: Asc. droite $3^h\ 38^m\ 57^s$, Déclinaison $+ 25^0\ 1'$. Cette nébuleuse est très intense et affecte une forme spirale bien charactérisée. Elle semble s'échapper de l'étoile Maïa, en se dirigeant d'abord à l'ouest, puis se contourne brusquement vers le Nord. Son étendue est de 3′ environ. — Nous avons pu reproduire son image à trois reprises différentes le 16. Novembre et les 8. et 9. Décembre; mais jusqu'à présent, il a été impossible de l'apercevoir dans nos télescopes.

Paris, 1885 Décembre 22. Paul et Prosper Henry.

Gebr. Henry auf der Pariser Sternwarte verwenden zum Photographiren ein Instrument mit 2 Objektiven von je 15 Zoll, deren eines als Sucher und zum Verfolg des Objektes, insofern als das Uhrwerk dasselbe nicht strikte an gleicher Stelle erhält, dient. Sie fertigen jetzt photographische Stern-Karten an.

Zu Seite 84.

Durch die Expedition zur photographischen Aufnahme des Venusdurchgangs auf den Aucklandinseln im Jahre 1874 sind, ungeachtet der ungünstigen Wasserverhältnisse, gemäss dankenswerther Mittheilungen, die dem Verfasser von dem Photographen der Expedition, Herrn Dozenten Hermann Krone, zugekommen, 95 Trockenaufnahmen des Phänomens und ausserdem noch über 200 gute Trockenplatten erzielt worden. Die Trockenaufnahmen geschahen nach einem von Herrn Krone selbst komponirten Verfahren, wie denn überhaupt genannter Fachmann schon im Jahre 1857 auf die Wichtigkeit der Trockenplattensysteme, welche heutzutage, freilich in noch höherer Vervollkommnung, allgemein in die photographische Praxis eingeführt sind, und deren nothwendige Verbesserung hingewiesen hat.

Zu Seite 158.

Auch das Nordlicht ist mehrfach Gegenstand photographischer Versuche gewesen, ohne indessen bisher zu günstigen Resultaten geführt zu haben. Am 17. März 1885 ist es zwar Tromholt gelungen, mit einer Exposition von $8^1/_2$ Minuten ein schwaches Bild eines höchst brillanten Nordlichts zu erhalten, er brachte es aber nicht fertig, ein Positiv nach seinem gewonnenen Negativ zu liefern. Das British Journal of Photography meint, dass dies auf Irrthum beruhen müsse, da es möglich sei, das Negativ mit Hilfe eines Diapositivs in ein druckbares umzuwandeln. Sei jedoch das Bild so schwach, dass es nur in der Aufsicht sichtbar, so könne man es mit Sublimat verstärken und mit der Kamera kopiren. Durch eine solche Kopie werde alsdann ein unendlich viel besseres Negativ erzielt, mit welchem man auch einen Papierdruck anfertigen könne. (Berliner Photographisches Wochenblatt, No. 28, 1885).

Zu Seite 170.

Tonschwingungen von Membranen lassen sich auch in vortrefflicher Weise mit Hilfe eines Projektionsapparates optisch und photographisch darstellen; die Schwingungen eines, mittels eines in Seifenwasser getauchten Holzringes dargestellten Seifenhäutchens, das man in geeigneter Weise vor einen Projektionsapparat bringt, geben auf einer gegenüberliegenden weissen Wand, bei genügender Beleuchtung und Vergrösserung ein vortreffliches, abwechselungsreiches Bild der Tonschwingungen. Dieses Bild ist alsdann entweder auf gewöhnliche Weise mittels einer Kamera zu photographiren oder man lässt, das Bild, statt auf eine weisse Wand, direkt und momentan auf eine entsprechend grosse Bromgelatine-Trockenplatte fallen und ruft in der, Band I, S. 267, angegebenen Weise hervor. — Näheres über die betreffende technische Darstellungsweise wird in dem Kapitel dieses Bandes, „die optische Projektionskunst zu wissenschaftlichen Zwecken“ demnächst zu finden sein. —

SECHSTES KAPITEL.

PHOTOGRAMMETRIE UND MILITÄRPHOTOGRAPHIE.

I. DIE PHOTOGRAMMETRIE.

(Neu bearbeitet von Dr. F. Stolze.)

Während es die Aufgabe des geometrischen Zeichnens oder der sogenannten Parallelprojektion ist, die Theile eines Gegenstandes im Grundriss und Aufriss so abzubilden, wie sie sich wirklich verhalten, also entweder in ihrer wirklichen Grösse, oder in den genau der Natur proportionalen Reduktionen, beschäftigt sich die Centralprojektion, auf welche sich die Photogrammetrie stützt, den Grundsätzen der Optik entsprechend damit, die Gegenstände so abzubilden, wie sie in der perspektivischen Verkürzung, dem Bau unseres Auges gemäss, sich darbieten. Eine solche perspektivische Zeichnung weicht von der der wahren Gestalt des Gegenstandes entsprechenden Centralprojektion bedeutend ab, indem die nicht senkrechten parallelen Linien in der Zeichnung nach bestimmten Gesetzen verschoben erscheinen und die vorstehenden Theile eines Gebäudes bei der Betrachtung die weiter zurückliegenden verdecken. Um ein richtiges perspektivisches Bild auf einer Fläche zu entwerfen, bezeichnet man das den betreffenden Gegenstand betrachtende Auge durch einen Punkt, von welchem aus nach allen Theilen der Oberfläche jenes perspektivisch darzustellenden Körpers Richtungslinien (Sehstrahlen) gezogen werden, die sowohl mit einander, als mit den Flächen und Linien des betrachteten Gegenstandes bestimmte Winkel bilden (Sehwinkel). Denken wir uns nun diese von einem bestimmten Körper nach dem Auge gehenden Sehstrahlen in der Natur gezogen und lassen sie in einem gewissen Abstande vom Auge von einer Glasscheibe durchschnitten werden, so entsteht auf der Glasplatte, je nach der Zahl der angenommenen Sehlinien, eine Anzahl von Durchschnittspunkten. Werden diese nach Massgabe des Gegenstandes mit einander verbunden, so entsteht ein perspektivisches Bild auf der Glasplatte. Allerdings ist dieses Bild von dem Bilde auf der Netzhaut verschieden; denn da es auf eine Ebene projicirt ist, die Netzhaut aber sich der Kugel-

fläche nähert, so können beide mit einander gar nicht verglichen werden, indem beispielsweise im Netzhautbilde gerade Linien, objektiv betrachtet, krumm werden, wenn sie auch im Sehcentrum des Gehirns den subjektiven Eindruck einer nicht gebogenen Linie machen. Die perspektivische Zeichnung soll, vom richtigen Punkte aus betrachtet, im Auge dasselbe Netzhautbiid erzeugen, welches durch die Wirklichkeit hervorgerufen wurde.

Es ist möglich, ein solches perspektivisches Bild mit Hilfe mechanischer Mittel herzustellen.

In Fig. 136 geben wir eine Veranschaulichung einer zum direkten Projiziren auf Glasplatten verwendbaren, wenn auch recht unvollkommenen Vorrichtung. Der Zeichner betrachtet die Landschaft

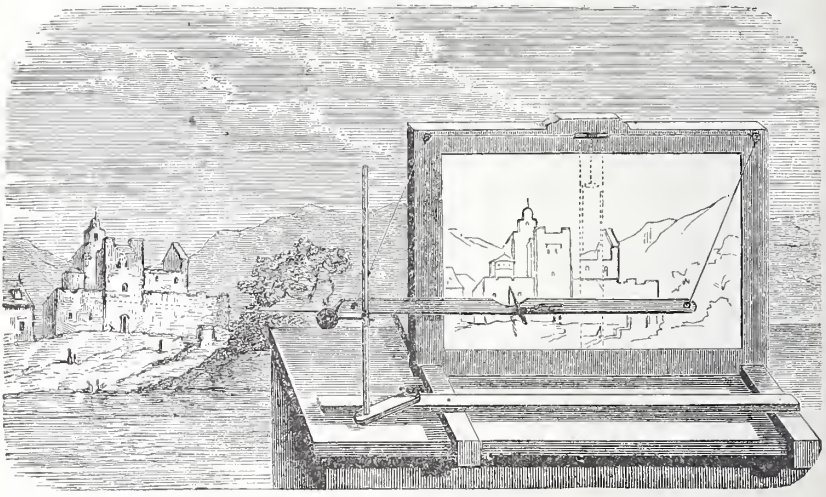


Fig. 136. Glasplatte zur perspektivischen Aufnahme von Landschaften.

durch die kleine Oeffnung des an dem vorn sichtbaren Ständer fest angebrachten Visirs. Ein storchschnabelartiger Träger des Bleistifts dient dazu, die Umrisse der Landschaft auf der etwas mattgeschliffenen Glasfläche zu entwerfen, indem der an dem linken Ende des vor der Glasplatte sichtbaren horizontalen Lineals befestigte Zeiger, welcher hinter dem kleinen Visir angebracht ist, schrittweise in der Richtung der Sehstrahlen von dem Auge des Beschauers aus die Umrisse der Landschaft beschreibt. Das Lineal wird dabei mit der Hand geführt. Jede der beiden Schnüre, an denen es hängt, läuft oben an dem Rahmen der Glasplatte über zwei Rollen, und ist dann an dem punktirt gezeichneten, hinter der Platte befindlichen Laufgewicht befestigt, welches dem Lineal eben das Gleichgewicht hält, so dass

dieses sich nicht nur seitwärts, sondern auch beliebig nach oben und unten bewegen lässt.

Das vollkommenste perspektivische Bild indessen liefert uns die Camera obscura, bei welcher das Objektiv das Auge, die auffangende Fläche die Netzhaut vertritt, nur dass auch hier diese Fläche stets eine Ebene ist, deren Bild ganz den Gesetzen der malerischen Perspektive gehorcht, über die einiges zu sagen hier am Platze ist.

Wenn die Fläche, auf welche das perspektivische Bild projicirt wird, eine senkrechte ist — und das ist mit seltenen Ausnahmen so regelmässig der Fall, dass man die photographischen Aufnahmen, bei welchen die Visirscheibe nicht senkrecht gestanden hat, fast ausnahmslos als fehlerhafte zu betrachten hat — so erscheinen darauf alle in der Wirklichkeit senkrechten und deshalb unter sich parallelen Linien gleichfalls parallel. Sobald aber unter sich parallele Linien von dieser senkrechten Lage abweichen, convergiren ihre perspektivischen Bilder alle nach einem Punkte, den man, weil er einer in Wirklichkeit unendlich grossen Entfernung entspricht, den Verschwindungspunkt nennt. Ein jedes System solcher nicht senkrechten Parallelen hat seinen eigenen Verschwindungspunkt; für sämmtliche Verschwindungspunkte gilt aber die Regel, dass sie auf ein und derselben Geraden liegen, welche die senkrechten Linien rechtwinklig durchschneidet und den Namen Horizont führt, weil sie in der Horizontalebene liegt, die man sich durch den Mittelpunkt des Auges oder des photographischen Objektivs gelegt denken kann. Sie ist somit die Durchschnittslinie der Projektionsebene und der Horizontalebene. Bei allen perspektivischen Konstruktionen spielt neben der Projektionsebene diese Horizontalebene eine grosse Rolle. Um aber bequem in ihr zeichnen zu können, denkt man sie sich um den Horizont in die Projektionsebene herabgeklappt und nimmt alle Konstruktionen in dieser vor. Den Punkt nun, wo ein vom Mittelpunkt des Auges oder des Objektivs auf die Projektionsebene gefälltes Loth diese trifft, und welcher selbstredend in der Horizontallinie liegen muss, nennt man den Augenpunkt, während man den Abstand desselben vom Auge oder Objektiv mit der Horizontalebene in die Projektionsebene herabklappt und als die Distanz bezeichnet. Die Linie endlich, welche durch den Endpunkt der Distanz parallel zum Horizont gezogen wird, nennt man die Grundlinie.

Es soll nun kurz gezeigt werden, wie man aus einer photographischen Aufnahme eines Gebäudes unter gewissen Voraussetzungen den Grundriss und den Aufriss in höchst einfacher Weise finden

kann, indem man sie aus der Perspektive rückwärts construirt. Die Bedingungen dafür, welche indessen nicht alle zugleich einzutreffen brauchen, sind, dass die empfindliche Platte bei der Aufnahme senkrecht stand, dass die Fluchtlinien des Gebäudes im Grossen und Ganzen horizontalen, parallelen Systemen angehören, so dass man aus ihnen die Verschwindungspunkte finden kann, dass man den Winkel, welchen die verschiedenen parallelen Systeme mit einander machen — gewöhnlich schliessen sie einen Rechten ein — und den Horizont, den Augenpunkt und die Distanz kennt. Sind all diese Bedingungen erfüllt, wie es bei der Aufnahme mit dem später zu beschreibenden photographischen Theodoliten stets der Fall ist, so sind mehr als die für die Konstruktion nothwendigen Daten gegeben. Denn wenn man Augenpunkt, Distanz und Verschwindungspunkte kennt, so ergiebt sich beispielsweise der Winkel der horizontalen parallelen Systeme, indem man von den Verschwindungspunkten nach dem Grundpunkte am Ende der Distanz Linien zieht und den von ihnen gebildeten Winkel misst. Diese Vielheit der gegebenen Stücke gestattet aber Unregelmässigkeiten des Gebäudes ausfindig zu machen, welche sonst verborgen bleiben würden, wie z. B. Abweichungen der Fluchtlinien von der Horizontalen. — Ist aber die Aufnahme nicht mit einem photographischen Theodoliten gemacht und kennt man daher den Augenpunkt und die Distanz entweder gar nicht, oder nur annähernd, so kann man doch unter der Voraussetzung, dass man zwei Paare von Verschwindungspunkten $V\,V'$ und $V''\,V'''$ für Systeme sich rechtwinklig schneidender Parallelen hat, Augenpunkt und Distanz genau bestimmen, vorausgesetzt, dass die empfindliche Platte senkrecht stand, was man bei neueren Gebäuden aus der Parallelität der senkrechten Kanten leicht kontroliren kann. Man schlägt dann Halbkreise über $V\,V'$ und $V''\,V'''$ und zieht von ihrem Durchschnittspunkte $D\,O$ senkrecht zu $V\,V'''$. Dann ist O der Augenpunkt und $D\,O$ die Distanz, gleich der Brennweite des Objectivs, da nach der Konstruktion sowohl $V\,D\,V'$ als $V''\,D\,V'''$ rechte Winkel sind und somit D der Forderung genügt, für $V\,V'$ und $V''\,V'''$ als Verschwindungspunkte zweier verschiedener Systeme von sich rechtwinklig schneidenden Linien der Grundpunkt zu sein. Ja sogar, wenn in einem oder beiden Systemen die Linien sich unter andren als

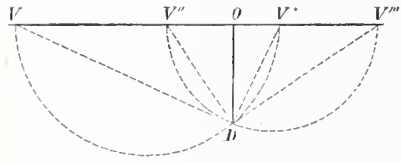


Fig. 137. Methode der Bestimmung von Augenpunkt und Distanz.

rechten Winkeln schnitten, wäre Augenpunkt und Distanz fast ebensoleicht zu finden, wenn man über VV' und $V''V'''$ die entsprechenden Winkel konstruirte und durch ihren Scheitel und die zugehörigen Verschwindungspunkte zwei Kreise legte, deren Durchschnittspunkt D wiederum den Endpunkt der Distanz bezeichnen würde.

Bei auch nur unbedeutenden Kenntnissen von den Lehrsätzen der Perspektive wird es hiernach möglich sein, aus einer Photographie eines Gebäudes Grundriss und geometrische Ansicht abzuleiten. Für die, welche gar keine Vorstellung von dieser Disciplin haben, soll an einem ganz einfachen Beispiel eine der vielen Methoden ausgeführt werden, welche man dabei einschlagen kann.

Es solle der Grundriss des mit senkrechter Platte und einer Brennweite f aufgenommenen parallelepipedischen Körpers $ABCDEF$ entworfen werden. Man verlängert EF und BA, und ED und BC, bis sie sich in den Verschwindungspunkten V und V' schneiden, verbindet V mit V' durch den Horizont VV', schlägt über VV' einen Halbkreis und zieht im Abstande von f zu VV' eine Parallele vv_1, welche den Kreis in zwei Punkten schneidet. Von dem Durchschnittspunkt, welcher der senkrechten Mittellinie der Platte zunächst liegt, fällt man das Loth QO auf den Horizont, welches gleich der Distanz ist, während O den Augenpunkt darstellt. Man zieht nun durch E eine Parallele zum Horizont, so wie die Linien OF und OD, welche man verlängert, bis sie die Parallele in G und H schneiden. Dann zieht man durch G und H zwei Parallelen zu OQ, ferner QA und QC und verlängert sie, bis sie die beiden Parallelen in K und L schneiden. KBL ist dann die Horizontalprojektion von FED resp. ABC. — Dies Beispiel wird genügen, um zu zeigen, wie man auch komplizirtere Formen konstruiren kann.

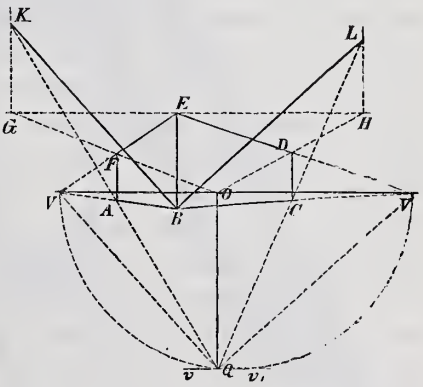


Fig. 138. Grundrissentwurf eines Körpers.

Diese Regeln der Perspektive werden seit Albrecht Dürer's Zeit, der sie zuerst aufstellte, von Malern und Zeichnern angewendet, um der Natur wirklich entsprechende Bilder zu schaffen, indem sie aus dem Grundriss und der geometrischen Ansicht der Gegenstände ihre

perspektivische Verkürzung konstruiren. Nun ist aber klar, dass man auch den vorher beschriebenen umgekehrten Weg gehen und aus einem richtigen perspektivischen Bilde unter Zuhilfenahme gewisser anderer Daten den Grundriss und die geometrische Ansicht ableiten kann. Die Frage ist eben nur, wie man solch ein richtiges Bild erhält. In ziemlich roher Weise kann man es sich durch das in Fig. 136 gezeichnete Instrument verschaffen; weit vollkommener wird es schon werden, wenn man ihm das Bild einer Camera obscura zu Grunde legt, welches man mit der Bleifeder nachzieht. Am aller vollkommensten aber muss es ausfallen, wenn das Licht selbst die Zeichnung liefert, d. h. wenn man sich eines passend konstruirten photographischen Apparates bedient.

Die ersten praktischen Versuche dieser Art wurden 1861 von Laussedat, Professor der Geodäsie an der polytechnischen Schule zu Paris, angestellt. Er hatte dabei zunächst Terrainaufnahmen im Sinne und schloss dementsprechend sein Instrument eng an die gebräuchliche Form des Theodoliten an, indem er an Stelle des Fernrohres desselben eine gewöhnliche Camera mit Balgenauszug setzte. Allein dies Instrument mit seinen hohen senkrechten Zapfen und der mangelhaften Unterstützung der Camera konnte unmöglich brauchbare Aufnahmen liefern, und so hat denn Laussedat seine Arbeiten längst eingestellt. — Die Erkenntniss dieser Mängel führte einen anderen Franzosen, den bekannten Optiker Chevallier in Paris, zur Konstruktion eines photographisch-geodätischen Apparates, der alle Vortheile eines geodätischen Messtisches in sich vereinigen sollte. Obwohl nun das Instrument völlig unbrauchbar ist, so beruht es doch auf so eigenthümlichen Prinzipien, dass eine Beschreibung desselben für unsere Leser um so mehr von wesentlichem Interesse sein wird, als es durch ein Mittelglied, die sogenannten, für diesen Zweck empfohlenen Panoramenapparate, mit der Laussedat'schen und wie sich zeigen wird, mit der einzigen wirklich praktischen gründlich erprobten Methode, der Meydenbauer'schen, im Zusammenhang steht.

Bei dem Chevallier'schen Instrument (Fig. 139) ist die Camera obscura auf möglichst kleine Dimensionen reduzirt, horizontal gestellt und für eine horizontal liegende drehbare Kassette *e d* eingerichtet, deren Oberfläche durch eine runde Platte *m* gebildet wird, welche bei *h* festgeschraubt und mittelst eines Uhrwerkes in eine rotirende Bewegung versetzt, oder auch mit der Hand um die Achse des Apparates gleichmässig gedreht werden kann. Auf diese Platte ist ein eigenthümliches optisches System aufgeschraubt, welches aus einem

reflektirenden Prisma und einer Linsenkombination zusammengesetzt ist. Das Objektivsystem *a* nimmt die Strahlen der Gegenstände auf und diese werden durch das Prisma *i* auf die in der Kassette *e d* befindliche präparirte Platte geworfen. Ausserdem befindet sich bei

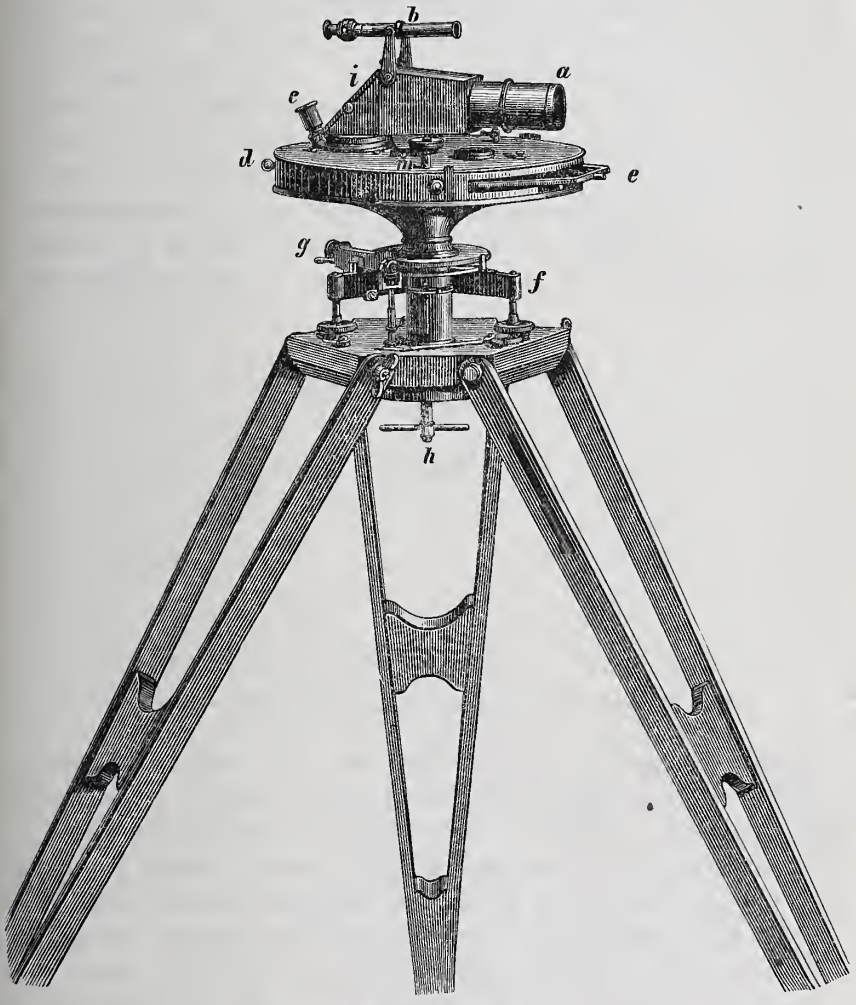


Fig. 139. Photographischer Messtisch.

c eine Lupe zur Einstellung des Bildes, während in *b* ein Fernrohr, um die Richtung des Apparates zu bestimmen, angebracht ist. Die spiegelnde Fläche des Prisma hat eine Neigung von 45 Grad. Der Apparat ist durch die Sperrschraube *h* an einen Dreifuss befestigt, die Schrauben *f* und *g* dienen dazu, den Apparat wie jedes geometrische

Messinstrument mittelst einer Wasserwage in genau horizontaler Stellung zu erhalten. Durch das erwähnte Uhrwerk kann der Apparat in drehende Bewegung versetzt werden, wodurch ein Panoramenbild der gesammten Gegend allmählich auf der Platte de erzeugt wird.

Figur 140 zeigt den Gang der Lichtstrahlen in dem betreffenden Apparate. Das spiegelnde Prisma befindet sich hier — Chevallier hat verschiedene Anordnungen getroffen — vor dem bildgebenden Objektive. Nehmen wir an, kl sei der aufzunehmende Gegenstand, so wird derselbe bei gh gespiegelt und durch die Linse ef als objektives perspektivisches Bild, in Form der Figur cd, in einer der Natur allerdings wenig entsprechenden Lage auf die lichtempfindliche Schicht ab geworfen. Rückt nun der ganze Apparat in gewissen Zeitintervallen rund um seine Achse weiter, so wird er durch eine

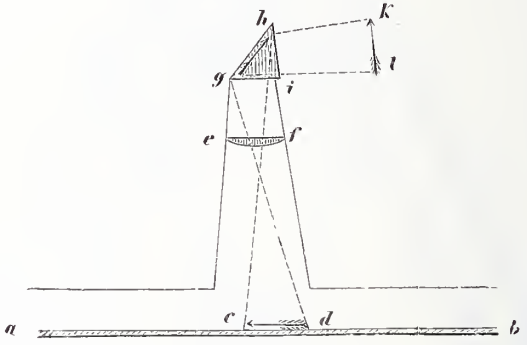


Fig. 140. Gang der Lichtstrahlen bei dem photographischen Messtisch.

Anzahl aneinander grenzender Bilder das oben erwähnte Panoramabild der ganzen Gegend bis zum Horizonte liefern. Dabei stellen sich nun aber senkrechte Linien nicht als Parallelen, sondern als Radien eines Kreises dar und in Folge dessen würden die durch das Objektiv entworfenen Bilder sich theilweise decken, wenn nicht durch Anbringung eines schlitzförmigen Diaphragmas in radialer Richtung dicht über der Platte Sorge dafür getroffen wäre, dass immer nur ein ganz schmaler Streifen in der Mitte des Gesichtsfeldes zeichnet.

In Fig. 141 ist Chevalliers trigonometrisch-photographische Aufnahmemethode theoretisch dargestellt. Die Linie AB ist die Operationsbasis, welche zwischen zwei möglichst weit von einander entfernten Punkten abgemessen worden ist. Steht der Apparat zuerst in A, so werden durch einfaches Drehen desselben nach einander die Punkte

der Gegend 1 2 3 in 1 2 3 des auf unserer Zeichnung im Grundriss dargestellten Kreises erscheinen. Dasselbe Verhältniss wird, wenn der Apparat in *B* aufgestellt ist, in den Punkten 1 2 3 der zweiten runden Platte sich befinden. Werden nun diese beiden Platten im richtigen Verhältnisse zur wirklichen Entfernung der Punkte *A* und

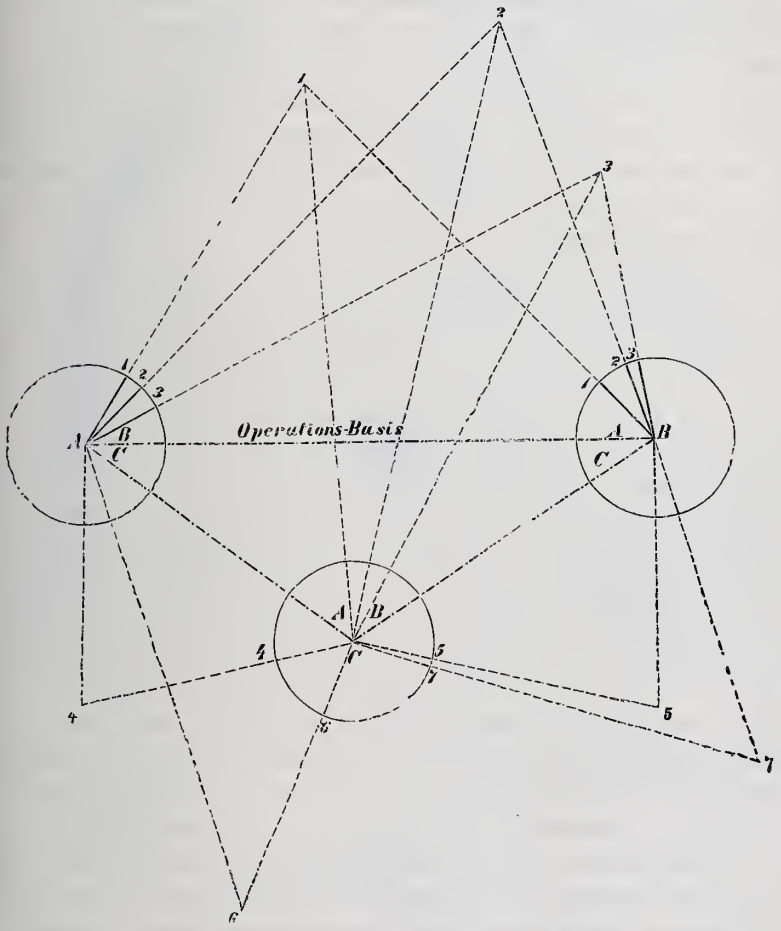


Fig. 141. Theorie der photogrammetrischen Methode.

B auf eine Ebene gelegt und von den Centren *A* und *B* Linien nach 1 2 3 gezogen, so werden sich dieselben, gehörig verlängert, genau an den Stellen schneiden, wo die Gegenstände in der Natur sich befinden. Wird von einem dritten Standpunkt *C* eine weitere Anzahl von Aufnahmen gemacht und in gleicher Weise verfahren, so wird für die Punkte 1 2 3 ein weiteres Kreisbild sich von selbst entwickeln;

CAMERA CLUB LIBRARY
Catalogued & Indexed 1930 by

es werden ausserdem die Punkte 4 5 6 7 auf der Platte erscheinen, welche auch schon zum Theil auf den Platten *A* und *B* von anderer Richtung her abgebildet worden waren. Unsere Fig. 142 zeigt einen mit dem Chevallier'schen photographischen Messtisch aufgenommenen Plan des Festungspolygons von Versailles. Die Buchstaben *St* bezeichnen die verschiedenen Standorte des Apparates. Von zehn Punkten aus wurde die ganze Gegend aufgenommen und in eine unserer Figur entsprechende geometrische Zeichnung umgewandelt. Auf den Halbkreisen, welche die beiden Standpunkte an der Operationsbasis umgeben, sind die Durchschnittspunkte ersichtlich, an welchen die betreffenden Abbildungen der Gebäude auf den Platten erschienen waren und welche den Punkten 1 2 3 etc. in der theoretischen Fig. 141 analog sind.

Die Fehler dieses Apparates nun liegen klar auf der Hand. Erstens ist, der Schmalheit des angewendeten Schlitzes zum Trotz, die wirkliche Schärfe des erzielten Bildes stets auf einen einzigen Kreis beschränkt und nimmt in radialer Richtung nach beiden Seiten hin immer mehr ab. Ferner ist die mögliche Grösse der Bilder eine sehr beschränkte, so dass hierdurch die Genauigkeit noch mehr beschränkt wird, ein Uebelstand, dem man wegen der mangelnden Originalschärfe nicht einmal durch Vergrösserung abhelfen kann. Endlich ist die Brennweite variabel und gewährt somit für die Höhendimension keine brauchbaren Masse. So hübsch daher bei oberflächlicher theoretischer Betrachtung das Instrument auch aussieht, so unbrauchbar ist es auch, und die vielen günstigen Beurtheilungen, welche es von diesem Standpunkt aus anfangs erfuhr, haben sich später alle als voreilig erwiesen. Die Konstruktion eines brauchbaren photographischen Theodoliten ist eben nicht durch einen einzigen glücklichen Gedanken zu lösen: es gehört eingehende technische Kenntniss, unermüdliche Beharrlichkeit und grosse Erfahrung dazu.

Einem Deutschen, dem jetzigen Regierungs- und Baurath Dr. A. Meydenbauer nun ist es gelungen, nach langjährigen Bemühungen und grossen Opfern eine Form der photographischen Camera zu finden, welche den nothwendig zu stellenden Anforderungen genügt. Erst durch diesen photographischen Theodoliten wird die Photogrammetrie — beide Ausdrücke stammen von Meydenbauer — mehr als ein blosses Experiment, eine Hilfswissenschaft von hoher Bedeutung. Der Ausgangspunkt Meydenbauer's war ein durchaus anderer, als der all seiner Vorgänger und Nachfolger. 1858 als Bauführer mit der genauen Aufnahme des Domes in Wetzlar be-

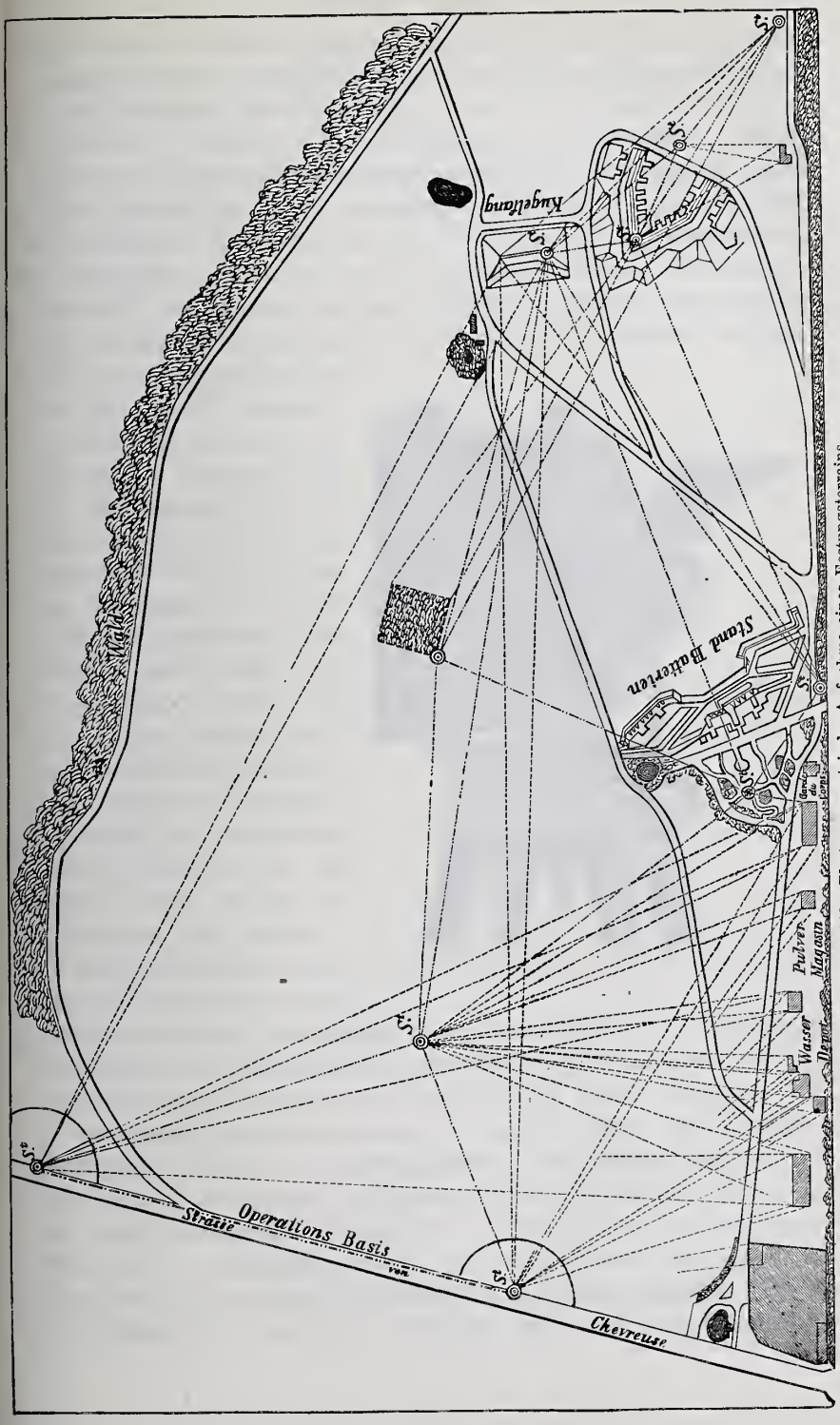


Fig. 142. Photogrammetrische Aufnahme eines Festungsterrains.

schäftigt, kam ihm selbständig der Gedanke, an Stelle der mühsamen und oft lebensgefährlichen Messungen am Originalbauwerk die Messungen an der Photographie zu setzen, und von diesem Augenblick an verfolgte er seinen Plan mit unermüdlicher Beharrlichkeit. Für ihn war daher zunächst die Architekturaufnahme das Massgebende und erst 1865 gelangte er, und zwar wiederum selbständig, gelegentlich der photographischen Ausstellung zu Berlin durch den Anblick zweier verschiedener Ansichten derselben Bergspitze auf den Gedanken, die Photogrammetrie auch auf Terrainaufnahmen anzuwenden. Er bildete nun ein entsprechendes System aus und wendete sich noch in demselben Jahre mit einer bezüglichen Vorlage an den preussischen Generalstab. 1867 lernte er auf der Pariser Weltausstellung die Arbeiten Laussedat's kennen. Die Art der Anwendung der Photographie und die Konstruktion der Pläne war dabei zwar dieselbe, aber während Laussedat's Photographien in Folge der Unvollkommenheit seiner Apparate ganz ungenügend waren, hatte Meydenbauer bei den seinigen von vornherein das richtige Prinzip gewählt und die solide Metall-Camera, an der das von ihm ausschliesslich benutzte Pantoskop von Busch in fester, unveränderlicher Brennweite befestigt ist, auf einen starken, horizontal angebrachten Metallring aufgelagert, der seinerseits in der Peripherie auf die stabilste Weise vom Stativ gestützt wird. Dies Prinzip des photographischen Theodoliten ist bis auf den heutigen Tag dasselbe geblieben, so viele Verbesserungen auch im Einzelnen an der Konstruktion angebracht worden sind. Eine fernere, von Anfang an angebrachte Eigenthümlichkeit des Apparates ist das auf der Platte markirte Fadenkreuz — ganz entsprechend dem Fadenkreuz des optischen Theodoliten — welches so angebracht ist, dass der Horizontal- und der Vertikalfaden sich

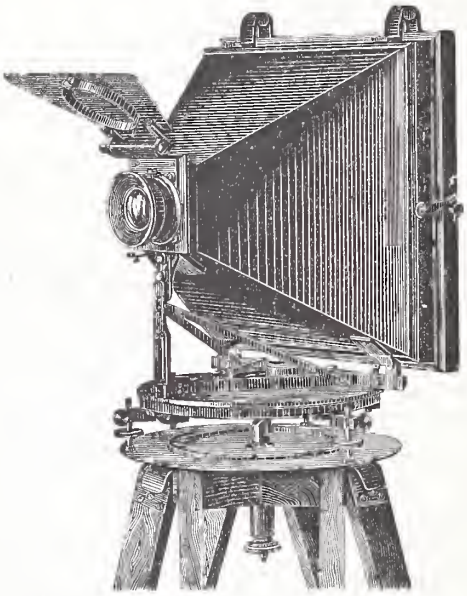


Fig. 113. Dr. Meydenbauer's photographischer Theodolit.

genau in dem Punkte schneiden, wo die in horizontaler Richtung liegende Hauptaxe des Objektivs die genau senkrecht stehende empfindliche Platte trifft. Dies Fadenkreuz zeichnete sich früher dadurch auf der Platte ab, dass zwei Menschenhaare dicht vor derselben ausgespannt waren, während gegenwärtig nur die Endpunkte dieser Haare sich an den Auflagern durch Einschnitte markiren. In der nebenstehenden Figur ist die Ansicht eines solchen Theodoliten gegeben.

Dr. Meydenbauer fand vom Jahre 1868 ab in seinem Freunde Dr. Stolze einen treuen Mitarbeiter. Beide sind bis jetzt die einzigen, welche erfolgreich nach dieser Methode gearbeitet haben. 1867 machte Meydenbauer die erste Terrainaufnahme bei Freyburg in Thüringen und 1868 die Aufnahme der Festung Sarlouis mit Vorterrain, beide Arbeiten in Verbindung mit dem preussischen Generalstab. Die dabei gemachten Erfahrungen waren unschätzbar, indem sie die noch vorhandenen Mängel der ursprünglichen, verhältnissmässig primitiven Instrumente zeigten und den vollständigen Uebergang vom Holz zum Metall herbeiführten, wie er für Präcisionsinstrumente eine Nothwendigkeit ist. 1873 machte Dr. Meydenbauer mit seinem Instrument mit Hilfe nur eines gewöhnlichen Trägers eine Aufnahme eines Terrainabschnittes im Reussthal in wenigen Stunden und trug längere Zeit nach der Rückkehr zu Hause aus dem so gewonnenen Material einen Schichtenplan auf, welcher gegen die bei den Vorarbeiten zur Gotthardbahn gemachten trigonometrischen Aufnahmen nicht zurücksteht. 1876 nahm Dr. Meydenbauer die Castorkirche in Coblenz auf und war 1880 mit seiner Methode endlich so weit durchgedrungen, dass er für eine Anzahl von Vorträgen vom Kultus-Ministerium 1880 an die technische Hochschule in Aachen, 1882 an das entsprechende Institut in Berlin gesendet wurde. Bei dieser letzteren Gelegenheit wurde eine Anzahl von Berliner Bauwerken photogrammetrisch aufgenommen und durch die Vergleichung mit den vorhandenen Aufnahmen und Bauplänen die Ueberlegenheit der Methode nachgewiesen.

Inzwischen hatte Dr. Stolze Gelegenheit gehabt, mit Hilfe der Photogrammetrie bei seinem Aufenthalt in Persien zwei schwierige Aufgaben zu lösen, indem er 1878 sowohl die Mäsdjid i Djûmäh in Shîrâz, als die Ruinen von Persepolis und Pasargadae aufnahm. Die erstere, die älteste Moschee Persiens, aus dem Jahre 920 stammend, wurde in fünf Stunden einschliesslich der Messung der Grundlinie mit 54 Platten von dem Dache aus festgelegt, ohne dass dabei die

Räume der Anlage irgend wie betreten werden durften, eine Aufgabe, welche mit den gewöhnlichen Methoden gar nicht, und beim wirklichen Betreten des ausgedehnten Gebäudes nur in 1 bis 2 Monaten hätte gelöst werden können. Ebenso epochemachend in ihrer Weise waren die in 6 Tagen mit 200 Platten vollendeten Aufnahmen des Ruinenfeldes von Persepolis, durch welche alle früheren Pläne desselben mit einem Schlage unbrauchbar geworden sind. Der Plan der Mäsdjid i Djûmäh wurde später nach den Aufnahmen von Dr. Meydenbauer in Marburg, der Plan von Persepolis von Dr. Stolze in Berlin construirt, so dass abermals, wie bei der Reussthalaufnahme, der Beweis dafür geliefert war, dass das photogrammetrisch gewonnene Material erst beliebig später fern vom Orte der Aufnahme verarbeitet zu werden braucht. Dennoch gelang es erst 1883 durch eine Aufnahme der Elisabethkirche in Marburg, die öffentliche Aufmerksamkeit und das Interesse des zeitigen preussischen Kultusministers Dr. von Gossler darauf zu lenken, so dass von dem ersten Grundgedanken 1858 gerade 25 Jahre bis zur Anerkennung der neuen Wissenschaft verflossen sind.

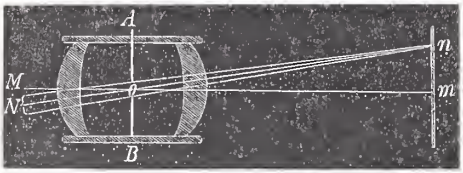


Fig. 144. Nachweis der Verwendbarkeit des Pantoskops zur Photogrammetrie.

Es soll nun kurz gezeigt werden, wie man aus mit dem photographischen Theodoliten aufgenommenen Photographien im Stande ist, einen Plan zu konstruiren. Dazu wird es in erster Linie nöthig sein, den Nachweis zu führen, dass es möglich ist, mit einem Instrument mit konstanter Brennweite doch vollkommen scharfe, für die Konstruktion ausreichende Bilder zu erhalten, was von Gegnern der Methode vielfach bestritten worden ist und was auch denen, die nur die gewöhnliche photographische Camera kennen, meistens nur schwer einleuchten will. Und doch ist durch diese Einrichtung die Photogrammetrie erst lebensfähig geworden. Der Nachweis der Richtigkeit des Verfahrens ist einfach und überzeugend. In Fig. 144 sei ein Pantoskop mit einer Brennweite $Om = 200$ mm und einem Durchmesser der Blendenöffnung bei O von 10 mm dargestellt. Die von einem Punkt N kommenden Strahlen zeichnen einen Bildpunkt n. Es gelangen aber nur diejenigen Strahlen nach n, welche um den centralen Strahl NOn in Form eines Kegels angeordnet sind, dessen Basis durch die Blendenöffnung von 10 mm gebildet ist, während die Spitze in n liegt. Mit Hilfe der bekannten Formel über die

konjugirten Brennpunkte $\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$, in welcher f die Brennweite, a den Abstand des Objekts, b den Abstand des Bildes vom optischen Mittelpunkt bedeutet, erhält man nun für verschiedene Werthe von a die zugehörigen b und kann daraus finden, wie gross der Durchmesser des Zerstreuungskreises ist, den die Lichtkegel, wenn b von f abweicht, auf der empfindlichen Platte an Stelle von Punkten zeichnen. In der nachstehenden Tabelle, die wieder für den Werth $f = 200$ mm und Blendenöffnung $= 10$ mm berechnet ist, hat a und b die obigen Bedeutungen, d repräsentirt den Durchmesser des Zerstreuungskreises und φ den Winkel, dem dieser Durchmesser in Bezug auf die Genauigkeit der Winkelmessung entspricht.

f	a	b	d	φ
200 mm	10 m	204 mm	0,2 mm	3′ 26″
„	20 „	202 „	0,1 „	1′ 43″
„	40 „	201 „	0,05 „	52″
„	100 „	200,4 „	0,02 „	21″

Hieraus geht hervor, dass der durch die Konstanz der Brennweite erzeugte mögliche Messungsfehler selbst bei Diaphragmen von 10 mm Durchmesser — während man beim Pantoskop Blenden von 2 bis 4 mm verwendet, wodurch natürlich der Fehler entsprechend verkleinert wird — nicht in Betracht kommt. Denn da es sich hier überall um eine graphische Methode der Auftragung handelt, bei welcher ganz ähnlich wie bei Messtischblättern gearbeitet werden soll, so kann auch eine höhere Genauigkeit als 4 Minuten nicht erzielt werden, während schon ein Diaphragma von 3 mm Durchmesser bei 10 m Abstand nur einen möglichen Winkelfehler von 1′ 2″ ergiebt. Dazu kommt noch, dass das Auge bei einiger Uebung selbst bei vorhandener mässiger Unschärfe, wie sie beispielsweise bei Blenden von 10 mm und 5 m Abstand eintritt, wo $d = 0{,}4$ mm wird, viel genauer abliest, indem es mit grosser Sicherheit die Mitte der Unschärfe taxirt. Bei kleineren Blenden ist übrigens auch für 5 m Abstand das Bild schon genügend scharf für alle Anforderungen, wie denn überhaupt Einstellungen der photographischen Camera auf auch nur 0,1 mm Schärfe auf rein optischem Wege unausführbar sein und auf Selbsttäuschung beruhen dürften.

Ein zweiter gegen den photographischen Theodoliten erhobener Einwand ist, dass der optische Mittelpunkt nicht senkrecht über der Drehungsaxe des Metallkreises liegt, auf welchem die Camera steht, sondern dass er, wenn man von demselben Standpunkt aus verschiedene Aufnahmen macht, einen horizontalen Kreis beschreibt, der bei mittleren Instrumenten etwa einen Durchmesser von 20 cm hat. Bei einem Massstab von 1 : 1000, wie er bei Aufnahme von Terrain nicht leicht überschritten wird, hat dieser Kreis einen Durchmesser von 0,2 mm, d. h. die Grösse eines recht feinen Nadelstiches, so dass er vernachlässigt werden kann. Bei Architekturaufnahmen im Massstab 1 : 100 wird er aber schon 2 mm gross und kann bequem aufgetragen werden, wodurch dann wiederum jeder Einwand beseitigt wird.

Was die Genauigkeit der Ablesungen auf dem Bilde anlangt, so beträgt sie beim Arbeiten mit dem blossen Auge und grosser Uebung 0,1 mm, übertrifft also die bei der zeichnenden Methode überhaupt erreichbare Grenze der Genauigkeit bedeutend.

Die Bestimmung der Brennweite lässt sich mit sehr grosser Genauigkeit machen, bis zu 0,01 mm. Die horizontale Aufstellung der Camera und ihre ganze Konstruktion gestattet nämlich, durch eine Folge von sechs aneinanderschliessenden Bildern, von denen jedes mindestens etwas über 60^0 Bildwinkel hat, den ganzen Horizont zu umfassen. Die Bilder greifen dabei an den Rändern etwas übereinander, so dass hier dieselben Gegenstände zweimal photographirt sind. Man macht nun eine solche „Sechseckaufnahme", bei der die optische Axe jedesmal um 60^0 gedreht wird, auf einem Terrain mit fernem Horizont und ermittelt auf den übergreifenden Theilen die Bilder identischer Objekte. Indem man nun ihre Abstände vom Vertikalfaden misst, sie sämmtlich addirt, die Summe durch 12 dividirt und diesen Vorgang beliebig oft wiederholt, erhält man eine Grösse L, welche die halbe Seite des regulären Sechseckes ist, und die Brennweite ergiebt sich daraus nach der Formel

$$f = \frac{L}{\text{tg } 30^0}$$

Es soll nun gezeigt werden, wie man aus einem photogrammetrisch aufgenommenen Bilde Horizontal- und Vertikalwinkel finden und wie man aus einer Anzahl solcher Bilder Pläne konstruiren kann.

Wenn in Fig. 145 ein photogrammetrisches Bild mit dem Horizontalfaden $h\,h$ und dem Vertikalfaden $v\,v$ gegeben ist, so steht in ihrem Durchschnittspunkte m die optische Axe senkrecht auf der Bildfläche. Man denke sie sich nach unten herabgeklappt und nenne

sie mO. Soll nun für eine Bergkuppe p der Horizontal- und der Vertikalwinkel bestimmt werden, so zieht man zunächst pp^1 parallel zu vv, und dann p^1O. Ferner errichtet man in p^1 auf p^1O ein Loth $p^1p'' = pp^1$ und zieht $p''O$. Dann ist mOp^1 der Horizontal- und p^1Op'' der Vertikalwinkel von p. Noch deutlicher zeigt sich das Verhältniss an der perspektivischen Fig. 146, in welcher natürlich da hier das Herabklappen einer Ebene in die andere fortfällt, der Buchstabe p'' fehlt und der Vertikalwinkel pOm lautet. Da man $mO = f$ kennt und mp^1 und pp^1 auf dem Bilde durch Messung ermittelt, da ferner Omp^1 und Op^1p rechte Winkel sind, so ist im rechtwinkligen Dreieck Omp^1 auch der Winkel mOp^1 die Hypothenuse Op^1 und im rechtwinkligen Dreieck Op^1p der Winkel pOp^1 bekannt. Zugleich sieht man nun, wenn man durch die weiter unten zu beschreibende Konstruktion die Lage des der Projektion p^1 im Plane entsprechenden Punktes P gefunden hat, wie hoch im Massstabe des Planes P über P^1 liegen muss, denn da $\triangle PP^1O \sim \triangle pp^1O$ ist, so muss

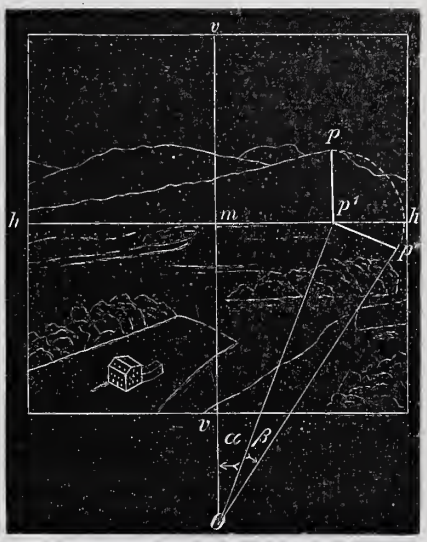


Fig. 145.

$$\frac{PP^1}{pp^1} = \frac{OP^1}{Op^1}$$

sein, woraus $PP^1 = \frac{OP^1}{Op^1} \cdot pp^1$ folgt.

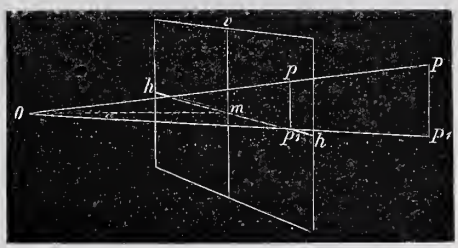


Fig. 146. Bestimmung des Horizontal- und Vertikalwinkels einer Bergkuppe.

Die Art und Weise der Verbindung mehrerer Bilder zur Konstruktion eines Planes ergiebt sich nun aus dem folgenden Beispiel: Es seien über den Endpunkten einer gemessenen Standlinie *I* und *II* (Fig. 147) zwei Aufnahmen (Fig. 148 und Fig. 149) so gemacht, dass auf jeder derselben ein auf dem andren Standpunkt aufgestelltes Signal mit abgebildet wird, welches auf den beiden Bildern (Fig. 148 und 149)

durch den starken senkrechten Strich angedeutet ist. Welchen Winkel α und β sein Bildstrahl dabei mit den optischen Axen bildet, ist ganz gleichgiltig, denn man kann ihn nach dem Obigen stets leicht finden (Fig. 147).

Zuerst zieht man nun auf dem zu entwerfenden Plan (Fig. 147) die Standlinie *I II* in dem gegebenen Massstab und trägt an sie die Winkel α und β in den Endpunkten in dem aus den Bildern folgenden Sinne an, hier also α nach rechts, β nach links, schneidet auf der sich hierdurch ergebenden Richtung der optischen Axen die Brennweite f ab und legt durch ihre Endpunkte die den Horizontalfäden entsprechenden Senkrechten $h_I h_I$ und $h_{II} h_{II}$.

Man sieht nun sogleich, dass man, wenn man von *I* und *II* aus regelmässige Sechseckaufnahmen gemacht hatte, nun nicht mehr nöthig hat, die anderen Bildplatten zu orientiren, sondern dass man aus dem kleinen Radius f und der einen Sechseckseite ohne Weiteres die ganze übrige Sechseckseite findet.

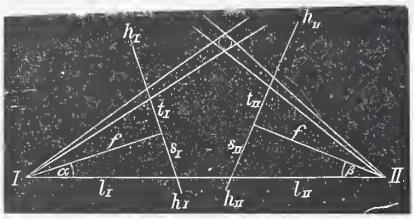


Fig. 147. (Gehört zu Fig. 148 und 149.)

Zugleich erhellt nun auch aus Fig. 148 und 149, wie man den Grundriss der einzelnen, auf den Platten abgebildeten Objekte findet. Von den Begrenzungslinien des runden Thurmes auf Platte *I* und *II* werden Lothe auf die Horizontalfaden gefällt, die Abstände vom Vertikalfaden gemessen und in Fig. 147 in entsprechender Lage auf $h_I h_I$ und $h_{II} h_{II}$ aufgetragen. Dann zieht man durch die so bestimmten Punkte von *I* und *II* aus Fluchtlinien und erhält hierdurch ein Viereck, in welches der Grundriss des Thurmes als Kreis eingeschrieben wird.

Zuweilen ist es nicht wohl möglich, von den Endpunkten der Basis aus Aufnahmen zu machen. In diesem Falle ist es nur nöthig, bei den von zwei anderen Punkten gemachten Aufnahmen oder Folgen von Aufnahmen Sorge zu tragen, dass auf beiden beide Endpunkte der gemessenen Basis sich abbilden. Es ist dann durch eine einfache Hilfskonstruktion leicht, sie an die gemessene Basis beim Auftragen anzuschliessen.

Sobald einmal durch zwei Aufnahmen eine Anzahl nicht in gerader Linie liegender Punkte bestimmt ist, kann man nach der Methode des Rückwärtsabschneidens leicht jeden weiteren Aufnahmepunkt daran anschliessen. Doch ist zu bemerken, dass es vor-

theilhaft ist, über jedem Standpunkte nach der Aufnahme ein Signal zu errichten und möglichst diese Punkte beim Rückwärtsabschneiden zu benutzen, indem dadurch die unvermeidlichen Fehler minimal werden. Weiter auf die Details dieser Konstruktionen einzugehen, würde hier zu weit führen.

Was nach Feststellung der Horizontalprojektion die Höhenbestimmung anlangt, so wurde schon auf Seite 209 im Anschluss an Fig. 146 die Formel $PP^1 = \frac{OP^1}{Op^1} \cdot pp^1$ dafür entwickelt, welche indessen absolute Werthe für PP^1, d. h. die wirkliche Höhe des Objekts über der Horizontalebene, nicht die Höhenlage der Horizontalprojektion in dem Plane, nur ergiebt, wenn man noch den Massstab

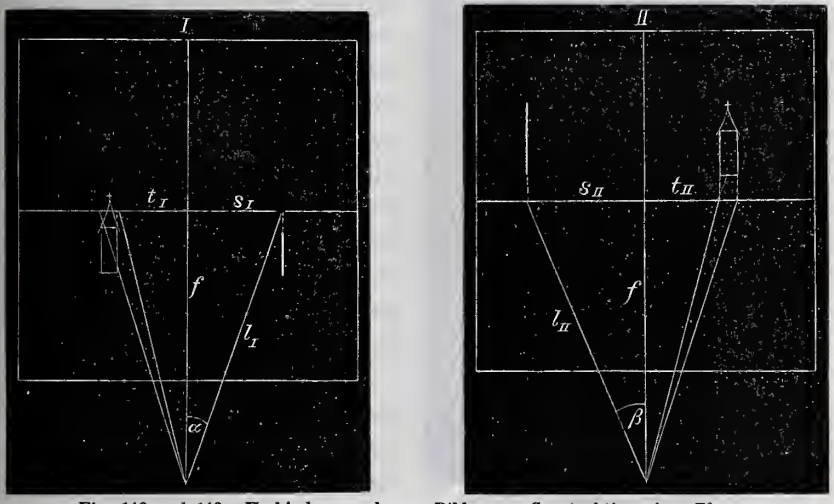


Fig. 148 und 149. Verbindung mehrerer Bilder zur Construktion eines Planes.

des Planes berücksichtigt. Es sei beispielsweise in Fig. 147 für die Höhe der Thurmbasis über Standpunkt *II* gefunden worden $PP^1 = \frac{28{,}9}{21{,}1} \cdot 1{,}67$ cm $= 2{,}287$ cm. War nun die Basis *I II* im Massstab 1 : 1000 aufgetragen, so ergiebt sich die wirkliche Höhe des Thurmes über Standpunkt *II* gleich 2287 cm $=$ 22,87 m.

Wie man sieht, hätte man die Höhe des Thurmes auch auf den Horizont von Punkt *I* beziehen und bestimmen können. Da man nun aus den Aufnahmen den Niveauunterschied von *I* und *II* kennt, so ist klar, dass man auf diesem Umwege die Thurmhöhe wieder auf Punkt *II* beziehen kann, und dass beide Rechnungen stimmen müssen. Dieser Umstand ist von hoher Wichtigkeit, weil er eine

Kontrole für das richtige Auffinden der korrespondirenden Punkte in zwei Bildern gewährt. Dasselbe ist unter Umständen, wie bei felsigem Terrain und unter sehr abweichendem Winkel laufenden Visirlinien nicht ganz leicht; aber die Methode der doppelten Höhenbestimmung gewährt eine absolut sichere Kontrole.

Die ungemeinen Vorzüge der Photogrammetrie vor jeder anderen Methode der Spezialvermessung liegen, wie man sieht, besonders darin, dass sie aus wenigen Aufnahmen beliebig viele Punkte des Terrains zu bestimmen gestattet, und dass sie dabei Ablesefehler, Schreibfehler, kurz Irrthümer, wie sie bei allen anderen Methoden unvermeidlich sind und wie sie nicht selten eine ganze Arbeit verderben, ausschliesst. Es ist wahr, wo auf den Bildern keine zusammengehörigen Punkte zu finden sind, ist sie machtlos. Aber das gilt auch von allen anderen Methoden. Und wenn, wie bei diesen, Signale vorher aufgestellt werden, ist sie ihnen wiederum ebenbürtig, indem sie, wenn die Signale passend gewählt sind, auch eine ganz vorzügliche Distanzmessung gestattet.

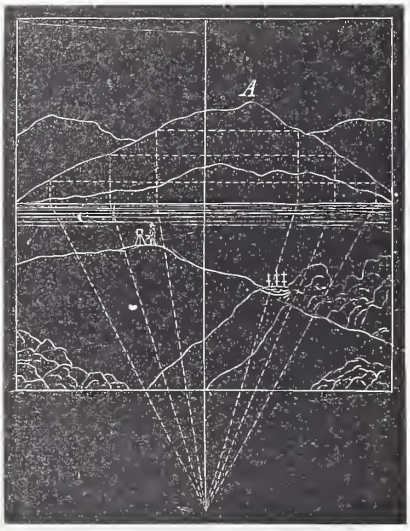


Fig. 150. Photogrammetrische Aufnahme eines Berges.

Eine eigenthümliche Anwendung kann die Photogrammetrie bei Entdeckungsexpeditionen finden, für die sie überhaupt in hervorragender Weise geeignet ist, weil sie sichere, unangreifbare Dokumente liefert, welche erst zu Hause in aller Ruhe bearbeitet zu werden brauchen, für die annähernde Festlegung ferner Bergzüge in Horizontalkurven. Wenn man nämlich in mehreren Bildern einen sich deutlich abzeichnenden Berg *A* (Fig. 150) aufgenommen hat, so theilt man seine Höhe über dem Horizontalfaden unter Berücksichtigung der verschiedenen Horizontalhöhe und des Abstandes von der Spitze durch in jedem Bilde gleichweit von einander abstehende Horizontallinien in eine bestimmte Anzahl von Schichten. Dann sind die Schnittpunkte dieser Linien mit den Umrissen des Berges die Berührungspunkte für die Fluchtlinien, welche von dem betreffenden Standpunkte an die in Frage stehende Höhenschichtenkurve tangential gelegt sind.

Der Fehler, der darin liegt, dass diese Fluchtlinien nicht genau in der Ebene der Schichtkurve liegen, ist bei grossen Entfernungen ganz unerheblich. Die auf diese Methode basirte Horizontalprojektion stellt sich etwa wie in Fig. 151 dar, wo der Berg als von drei Standpunkten *I*, *II* und *III* aufgenommen gedacht ist, und wo bei *II* und *III* die Fluchtlinien der grösseren Deutlichkeit halber nur für die unterste Schichtenkurve gezogen sind. Dieses Verfahren ist einzig und allein bei der Photogrammetrie anwendbar.

In dem Bisherigen wurde nur auf die Terrainvermessung Rücksicht genommen. Für architektonische Zwecke ist die Methode in mancher Hinsicht einfacher, in andrer wieder komplizirter. Hier sind Theodoliten von verschiedenen Brennweiten, mit Bildwinkel bis zu 90°, mit Hebung und Senkung des Objektivs erforderlich. Es sind Mittel ausfindig gemacht worden, um die Apparate auf der Spitze hoher, verankerter Pfähle, auf zum Fenster hinaushängenden Konsolen aufzustellen, um mit ihnen senkrecht nach oben zu arbeiten, ja, um sie von der Decke herab so aufzuhängen, dass sie genau senkrecht nach unten arbeiten. Andrerseits werden hierbei nur selten mehrere aneinanderschliessende Platten verwendet, wie denn auch die Messung längerer Basislinien meistens unnöthig ist und oft durch Messung senkrechter Kanten der Gebäude, resp. daran angebrachte Massstäbe oder Massbänder ersetzt werden kann. Dr. Meydenbauer hat diese Methode zu einer hohen Vollendung ausgebildet und sie hat durch seine 1885 erfolgte Berufung nach Berlin, wo er an der Spitze eines photogrammetrischen Institutes steht, endlich auch die staatliche Anerkennung gefunden.

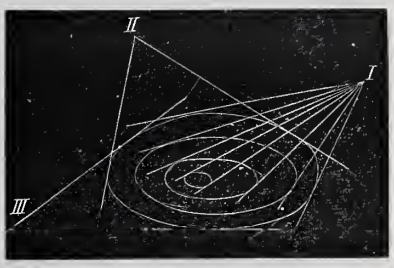


Fig. 151. Horizontalprojektion eines Berges

Ausser in Preussen wird nur noch in Italien von amtlicher Seite aus die Photogrammetrie in Anwendung gebracht, indem dort der Generalstab sie in einer zwar selbständigen, aber die früheren Vorarbeiten benutzenden Weise seit einigen Jahren zu Aufnahmen in den Hochalpen verwendet, welche dafür allerdings ganz besonders geeignet sind.

Die Versuche, welche von deutscher Seite im Kriege 1870/71 gemacht wurden, die Photogrammetrie zur Aufnahme belagerter Festungen zu verwenden, können als erfolgreich nicht bezeichnet

werden. Die Apparate dazu waren in höchster Eile unter Dr. Stolze's Leitung gebaut worden, der, da Meydenbauer als Feldeisenbahn-Baumeister unabkömmlich war, als einziger vorhandener Sachverständiger die technische Leitung des Detachements übernommen hatte. Im letzten Augenblicke erhoben sich Schwierigkeiten in Bezug auf bei den Arbeiten vor dem Feinde etwa herbeigeführte Invalidität zwischen ihm und dem von ihm gewählten technischen Personal einerseits und dem Kriegsministerium andererseits, welche zur Folge hatten, dass sich das Engagement zerschlug, und das Detachement nun mit einem ad hoc neu gebildeten, der Photogrammetrie ganz unkundigen Personal ins Feld rücken musste. Die betreffende Abtheilung bestand aus den Photographen Schwier, Quidde und Hintze. Das Detachement wurde von dem Ingenieurhauptmann Burchardi geführt, welchem der Reservelieutenant Dörgens zur Seite stand. Ausserdem waren noch ein Sergeant als Zeichner, zehn Gardepioniere und zwei Trainsoldaten zur Hilfeleistung kommandirt. Die Ausrüstung der Abtheilung bestand aus einem Stehwagen, welcher als Dunkelkammer zu benutzen war, aus einem Requisitenwagen, welcher die Präparate und Chemikalien enthielt und einem transportablen Dunkelzelte. Die Expedition rückte am 19. September vor Strassburg und machte dort 116 photographische Aufnahmen auf zwölfzölligen Glasplatten. Die für photogrammetrische Messungen bestimmten Platten wurden von J. B. Obernetter in München vervielfältigt und haben wir mit Zugrundelegung einer Obernetter'schen Photographie in Fig. 152 die Reproduktion einer photographischen Aufnahme, wie solche vor Strassburg vorgenommen wurden, wiedergegeben.

Nach Vollendung seiner Aufgabe begab sich das photographische Detachement am 19. Oktober von Strassburg nach Nanteuil-Saacy, in welchem Orte, angeblich wegen Mangel an Pferden, ein sechswöchentliches Quartier bezogen werden musste. Am 5. Dezember Abends kam die Expedition endlich in Versailles an. Durch Kabinetsordre wurde das Detachement zur besonderen Disposition des Kronprinzen gestellt, und erhielt die Aufgabe, die Forts Issy, Vanvres und Montrouge, sowie die preussischen Angriffsbatterien der Südseite aufzunehmen. Im Ganzen wurden vor Paris 123 Platten angefertigt, welche jedoch nicht zu photogrammetrischen Messungen bestimmt waren. Nach dreimonatlichem Aufenthalt auf dem Kriegsschauplatze wurde das photographische Detachement aufgelöst, da der preussische Generalstab, wie es scheint, keinen besonderen Vortheil aus dessen Arbeiten ersehen konnte. Der Grund lag wohl hauptsächlich in der nicht ge-

nügenden Vorübung des Personals. Denn wiewohl dasselbe in dem Reservelieutenant Dörgens, jetzt Professor an der technischen Hochschule zu Charlottenburg, eine ganz vorzügliche Kraft besass, so konnte doch nur ein ganz Uneingeweihter erwarten, dass derselbe ohne Weiteres die vom Arbeiten mit einem ganz fremdartigen Instrument unzertrennlichen Schwierigkeiten hätte zu überwinden vermögen und in wenigen Tagen Methoden hätte ausfindig machen sollen, für deren Aufstellung Meydenbauer selbst Jahre gebraucht

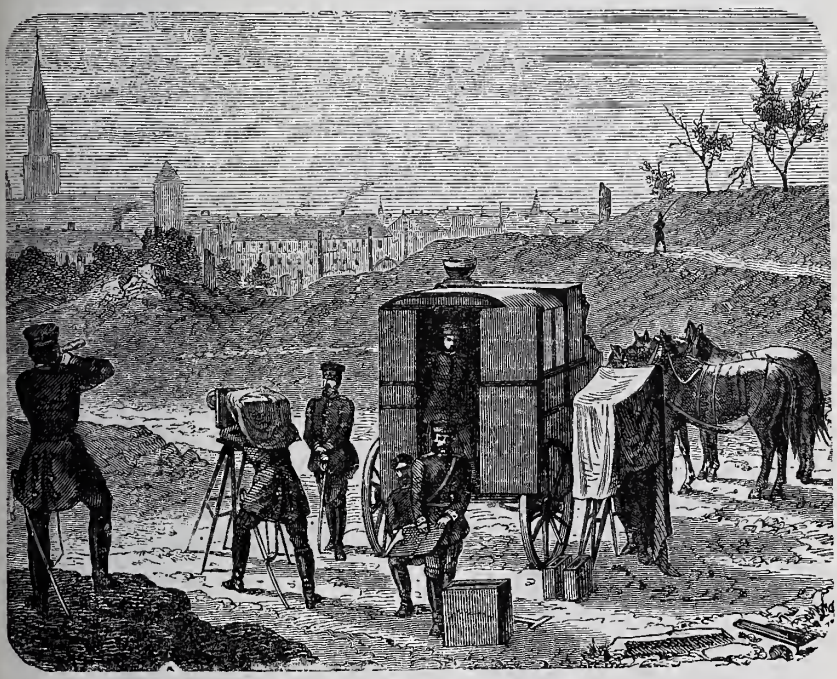


Fig. 152. Das fliegende photographische Atelier des preussischen Generalstabes (1870/71).

hatte. So kam es denn beispielsweise, dass die Brennweitenbestimmung nach einem ganz ungenügenden Verfahren gemacht wurde und damit war das Schicksal aller hierauf basirten Arbeiten besiegelt. Der Vorwurf hierfür trifft aber weder die Apparate — mit gleicher Konstruktion wurden Reussthal, Mäsdjid i Djûmäh und Persepolis aufgenommen — noch das Personal, sondern die, welche glaubten, der Beihilfe der eigentlich Sachverständigen bei der Ausübung einer ganz neuen Disziplin entbehren zu können. Trotzdem schob man die Schuld auf die Methode und die Apparate wurden meistbietend

verkauft. Doch beginnt auch hier jetzt eine gerechtere Beurtheilung des Sachverhaltes Fuss zu fassen.

An Stelle des mühsamen Auftragens photogrammetrischer Aufnahmen mit Massstab, Lineal, Zirkel und Bleistift hat man neuerdings versucht, mechanische Auftragung mit Hilfe storchschnabelartiger Instrumente zu setzen, welche indessen zur Grundlage wirkliche photogrammetrische Aufnahmen haben müssen. Prof. Hauck an der technischen Hochschule zu Charlottenburg hat einen ungemein sinnreichen Apparat dieser Art konstruirt, bei welchem aus zwei photogrammetrischen Aufnahmen die Auftragung dadurch bewirkt wird, dass mit zwei Fahrstiften zugleich die entsprechenden Kontouren auf beiden Bildern umfahren werden, wodurch veranlasst ein Zeichenstift die geometrische Projektion aufträgt. Aber so schön ein solches Instrument in der Theorie ist, so schwierig erweist sich seine praktische Anwendung, indem es beispielsweise so gut wie unmöglich ist, zwei Fahrstifte zugleich auf zwei verschiedenen Kontouren entlang zu führen. — Viel praktischer erweisen sich die Apparate, deren Zweck ist, nach dem perspektivischen Bilde eines Bauwerkes Plan und Aufriss desselben zu konstruiren. Ein ganz vorzügliches Instrument dieser Art ist der Perspektograph von Hermann Ritter, Architekt in Frankfurt a. M. Die nebenstehende Fig. 153 zeigt, wie der Apparat arbeitet. Die beiden, in dem Punkte D drehbar verbundenen Lineale DQ und DJ gleiten in Führungen, welche sich auf dem festen geschlitzten Lineal q an beliebigen Stellen befestigen lassen. Ausser der Führung q ist nun noch ein zweites, in variablem Abstande von ihr parallel zu befestigendes Führungslineal S, auf welchem wiederum verschiebbar zwei Stücke befestigt sind, in welchen die Lineale DQ und DJ gleiten. An dem einen der letztgenannten verschiebbaren Stücke befindet sich nun der Drehungspunkt g, an dem andren der Drehungspunkt l eines Froschschenkelsystems befestigt, welches bei P oberhalb und unterhalb Zeichenstifte trägt. Umfährt man nun mit dem an D angebrachten Führungsstift die Kontouren der perspektivischen Zeichnung, so zeichnet der eine Zeichenstift die geometrische Projektion, der andere ihr Spiegelbild. Es würde zu weit führen, hier den Beweis für die Richtigkeit der Methode und die genaue Gebrauchsanweisung zu entwickeln. Die sich dafür Interessirenden mögen die darüber vom Erfinder publizirte Broschüre nachlesen.

Die Theorie der Photogrammetrie ist von Jordan einer kritischen Untersuchung unterworfen worden, zu dem zwar wissenschaftlich

interessanten, praktisch aber mehr als fragwürdigen Zwecke, gewöhnliche Photographien unter Zuhilfenahme von auf den Aufnahmepunkten gemachten Winkelmessungen zur Konstruktion zu benutzen. Diese wird dadurch so komplizirt, dass der Werth der Methode mehr als zweifelhaft ist. Eine Reihe recht guter theoretischer Arbeiten über Photogrammetrie hat neuerdings auch Dörgens in kleineren Aufsätzen publicirt. Seine neueste, mit Dr. Pietsch zusammen angestellte Untersuchung bezieht sich auf die genaue Ermittelung des

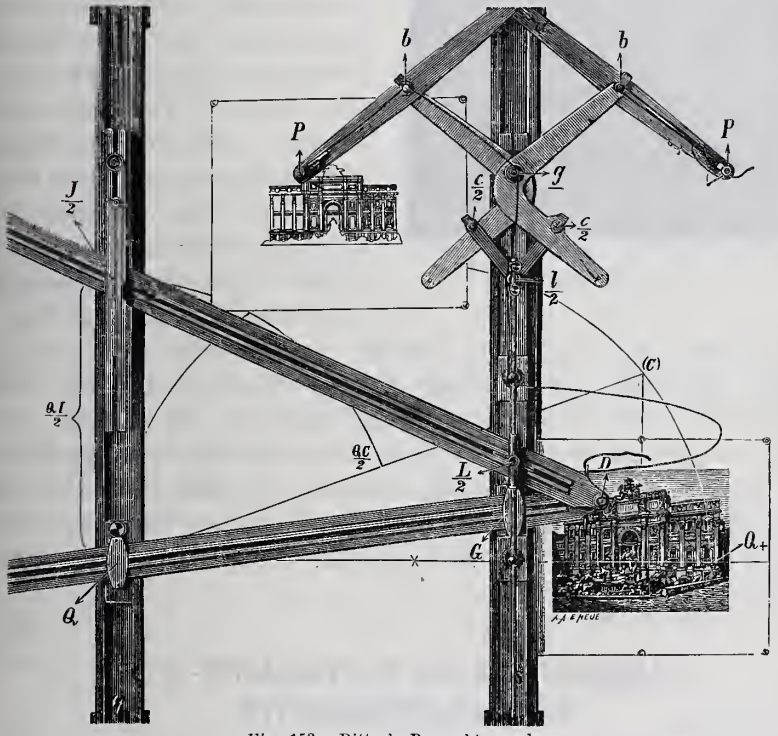


Fig. 153. Ritter's Perspektograph.

Ortes, wo sich die durch das Objektiv nur parallel verrückten, nicht im Winkel abgelenkten Strahlen schneiden. Derselbe ist danach kein Punkt, sondern eine sehr kleine Fläche. Weiteres über diesen wichtigen Gegenstand und über die Mittel zur Verbesserung des Fehlers wird demnächst von anderer Seite publizirt werden.

Die Photogrammetrie steht noch in ihren Anfängen. Aber schon jetzt kann man beurtheilen, dass sie von Jahr zu Jahr sich mächtiger entwickeln, und dass die Zeit kommen wird, wo sie bei allen Aufnahmen ausschliesslich oder mitwirkend zur Anwendung gelangt.

Freilich wird dies erst geschehen, wenn das schwere, gebrechliche Glas auch im photographischen Theodoliten durch Negativpapier ersetzt sein wird. Allerdings ist hierfür Vorbedingung, dass mit dem Bilde zugleich ein Netz darauf photographirt wird, welches jede Verzerrung des Papieres unschädlich macht. Dann wird man im Stande sein, das Auftragen stets direkt nach den Negativen zu bewirken, während man dies jetzt wegen der Ungefügigkeit der Glasplatten nur da kann, wo es sich um die höchste Genauigkeit handelt und sich sonst mit Papierabdrücken begnügen muss, bei denen wieder Verzerrungen unvermeidlich sind. Zwar kann man dieselben, da sie meistens bei unaufgezogenen Bildern ziemlich gleichmässig sind, dadurch annähernd korrigiren, dass man auf dem Abdruck den Abstand der Auflager misst, ihn mit dem Abstand an der Camera vergleicht und (Fig. 154) wenn $a\,b$ die ursprüngliche Länge an der Camera, $a'\,b'$ aber die auf dem Bilde und $m\,O$ die Brennweite ist, $a'\,b'$ parallel zu $a\,b$ in das Dreieck $a\,O\,b$ einträgt und nun alle Masse auf $a'\,b'$ von m' aus aufträgt. Weit sicherer und bequemer wäre aber die beschriebene Methode mit Negativpapier. Auch dieser Fortschritt ist nur eine Frage der Zeit.

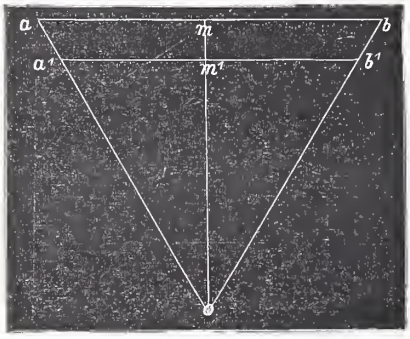


Fig. 154. Korrektion der Verzerrung von Papierabdrücken.

2. ANWENDUNGEN DER PHOTOGRAPHIE IN DEN MILITÄRWISSENSCHAFTEN.

In Verbindung mit der trigonometrischen Vermessungskunst wird die Photographie im ausgedehntesten Massstab im Militärwesen besonders zur Anfertigung, zum Verkleinern und Vergrössern von Landkarten verwerthet; sie dient ferner zur Abbildung von Kriegsmaschinen, Equipirungsgegenständen und Schusswirkungen. Die fliegenden photographischen Kolonnen im Kriege fördern die Kenntniss der Terrainverhältnisse durch schnelle Aufnahme bestimmter Gegenden insbesondere von Festungswerken, Verschanzungen und feindlichen Positionen, wie in den vorangegangenen Schilderungen mitgetheilt.

Die militärische Photographie wurde besonders in England in Betracht gezogen und von den Truppen dieses Landes im Krimkriege zum ersten Male in die Praxis eingeführt. Lord Panmure, der damalige Kriegsminister, liess durch den Londoner Photographen J. Majall zwei Offiziere, die Fähnriche Bandon und Dawson in der Photographie ausbilden. Dieselben wurden mit ihren photographischen Gehilfen unter Oberaufsicht des Kapitän Foulkes in die Armee eingereiht; sie nahmen eine grosse Anzahl von Feldzugsbildern auf, welche Lord Panmure zur Veranschaulichung verschiedener Treffen bei seinen Rapporten verwendet und später im englischen Kriegsministerium deponirt hat. Infolge des Gelingens dieser Versuche wurden in den militärischen Unterrichtsanstalten Englands eigene Instruktionskurse errichtet, um die militärischen Zöglinge mit den Lehren der photographischen Prozesse vertraut zu machen. Die Hauptschule, welche diesen Zweig militärischer Kenntnisse kultivirt, befindet sich zu Stotherd. Im Verlauf des abyssinischen Feldzugs war eine in jenem Etablissement herangebildete und ausgerüstete Truppe dem General-Quartiermeisterstab zugetheilt, welche zum Kopiren von Karten, zum Skizziren der Marschrouten, sowie zur Aufnahme interessanter Punkte überhaupt verwendet wurde. Das Detachement bestand ausser den Gehilfen aus sieben Operateuren unter Leitung des Chefphotographen John Harold.

Einen der wichtigsten Zweige photographischer Thätigkeit im britischen Kriegsministerium selbst bildet das Kopiren von Karten, Plänen und Zeichnungen mittels der Photozinkographie. Dieselbe beruht auf der vom Obersten James erfundenen Anwendung polirter Zinkplatten, in welche die vorher photographisch aufgetragenen Pläne direkt eingeätzt werden.

Nach den Mittheilungen, welche Mr. Baden-Pritchard, Mitglied des photographischen Generaletablissements zu Woolwich im Jahre 1869 veröffentlichte, befanden sich in England photographische Detachements im Landes-Vermessungsbureau zu Southampton, im Ingenieur-Institut zu Chatam, im Kriegsdepartement zu Woolwich, sowie in allen Militärstationen der Kolonien. Besonders im photographischen Atelier des Arsenals zu Woolwich kommt die Camera obscura vielfach in Anwendung. Ausrüstungs- und Artillerie-Gegenstände, Kanonen, Waffen und jede andere Art von Kriegsbedürfnissen werden daselbst photographirt. Die Ergebnisse der Schiessversuche gegen Eisenplatten verschiedener Stärke, die Stellungen, die jeder einzelne Artillerist im Dienste nach verschiedenen Kommandos aus-

zuführen hat, die Manier, in welcher die Pferde geschirrt werden, wie das Rüstzeug umzunehmen ist, wie die Militärzelte aufgeschlagen werden sollen, wie der Proviant zu verpacken ist — dies Alles wird photographisch aufgenommen, vervielfältigt, und in Kopien der betreffenden Bilder an die verschiedenen in- und ausländischen Armeecorps verschickt, um auf diesem einfachen Wege Befehle über Ausführung gewisser militärischer Manipulationen den einzelnen Kommandanten rasch zugänglich zu machen. Die jährliche Versendung derartiger Photogramme an die einzelnen Regimenter schwankt zwischen zwanzig- und fünfundzwanzigtausend Stück.

Mehr als ein Kuriosum wollen wir erwähnen, dass — nach einer Mittheilung in dem „photographischen Archive“ (1866) — man es im Arsenal zu Woolwich sogar zur Photographie des Fluges der Kanonenkugeln gebracht hat, und zwar bestimmt man durch dieses Verfahren mit grösster Präzision nicht nur den Weg, den die Kugel in der Luft macht, sondern auch die Geschwindigkeit ihres Fluges. Wenn eine Kanone im Moment des Abfeuerns photographirt werden soll, so muss das Oeffnen und Schliessen des photographischen Apparates durch die Kanone selbst besorgt werden; denn Niemand ist im Stande, genau den Moment des Austrittes der Kugel aus der Mündung des Rohres zu bestimmen.

Die Aufnahme wird mit einer stereoskopischen Camera vorgenommen, deren lichtstarke Objektive durch einen elektrischen Momentverschluss geöffnet werden können. Eine durch den galvanischen Strom in Rotation versetzte mit zwei Oeffnungen versehene Scheibe macht mit Hilfe einer angespannten Kreisfeder eine rasche Drehung, sodass die beiden runden Oeffnungen in einem bestimmten Augenblicke an den Objektiven vorüberblitzen und die Exposition gestatten. Zu diesem Behufe wird die Kanone durch eine galvanische Vorrichtung abgefeuert. Im Innern des Kanonenrohres befindet sich nämlich ein Platindraht, der beim Durchleiten eines elektrischen Stromes sofort rothglühend wird und schmilzt. Wenn nun Alles zum Abfeuern fertig ist, wird die Scheibe vor den Objektiven so weit aufgedreht, dass die Feder ihre grösste Kraft erhält, in welcher Stellung sie durch einen von einem Elektromagneten beeinflussten Schliesshaken festgehalten wird. Sobald man durch den Draht einen elektrischen Strom schickt, und derselbe durch Schmelzen des Platindrahtes unterbrochen wird, entladet er nicht nur die Kanone, sondern er setzt auch den Elektromagneten in Bewegung, löst dadurch den Schliesshaken des Momentverschlusses vor den Objektiven aus, und

die photographische Platte erhält den Eindruck des Geschosses im Augenblick des Abfeuerns. Dieses allein würde aber nicht ausreichend sein, denn die Aufnahme wäre schon vollendet, ehe das Pulver Zeit hätte sich zu entzünden. Es ist demnach erforderlich, die Objektive so lange offen zu halten, bis der Schuss erfolgt ist. Zu diesem Behufe bedient man sich folgender Einrichtung: wenn der Schliesshaken die Scheibe loslässt, diese durch die Centralfeder in Rotation geräth und ihre Oeffnungen vor den Objektivöffnungen stehen, wird sie durch einen Stift so lange festgehalten, bis das Pulver entzündet und die Kanone entladen ist. Durch das Zerreissen des Platindrahtes verliert der Elektromagnet die Kraft, die Rotation der Scheibe länger zu verhindern, sie fliegt also vorwärts und schliesst die Objektive wieder in demselben Moment, in welchem die Kugel das Geschütz verlassen hat.

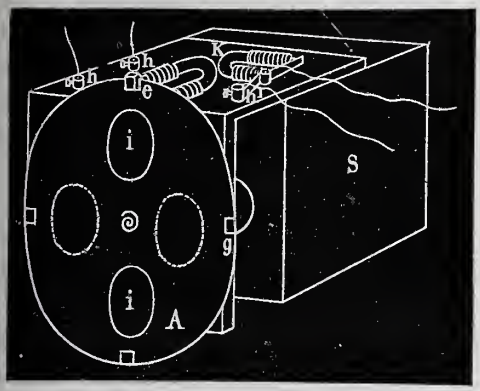


Fig. 155. Apparat zur Photographie des Fluges der Kanonenkugeln.

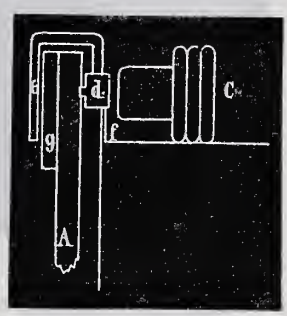


Fig. 156. Eisenkern und Anker des Elektromagneten in Fig. 155.

Die Zeichnung Fig. 155 giebt einen Begriff von der mit den Elektromagneten armirten Camera, während Fig. 156 die Einrichtung der Drehscheibe und der elektromagnetischen Hemmungsvorrichtungen im Aufrisse, Fig. 157 solche im Grundrisse zeigt. Hinter Scheibe *A* (Fig. 155) befinden sich die beiden durch punktirte Linien angedeuteten Objektive. Die Scheibe wird durch die in der Mitte angedeutete Feder in Spannung gehalten und durch den Schliesshaken *e*, welcher mit einem in die Scheibe *A* eingreifenden Stifte *d* (Fig. 156) versehen ist, zurückgehalten. *C* ist der auf der Camera befindliche gegen die Scheibe *A* gerichtete Elektromagnet, *f* dessen Anker, woran sich der Haken *e* und der Stift *d* befinden; *g* (Fig. 155) ist ein Messingplättchen, welches bei dem Vorbeigleiten vor dem Haken

eine minimale Hemmung in dem Momente bewirkt, wo die beiden Objektive hinter die Oeffnungen *i i* zu stehen kommen. Die Schrauben *h h* setzen die Drähte der elektrischen Batterie mit dem Magneten in Verbindung. Wenn die Kanone abgefeuert wird, magnetisirt sich *C* und zieht *d* an, wodurch der Stift aus der Scheibe gezogen und der Haken *e* der Scheibe genähert wird. Die Scheibe dreht sich, bis das Plättchen *g* mit dem Haken *e* zusammentrifft. Sobald durch das Losgehen des Geschützes die Verbindung unterbrochen wird, verliert der Elektromagnet seine Kraft, Armatur und Schliesshaken kehren in ihre anfängliche Lage zurück, *g* geht unter dem Haken *e* (Fig. 156) vorbei und die Exposition ist beendet.

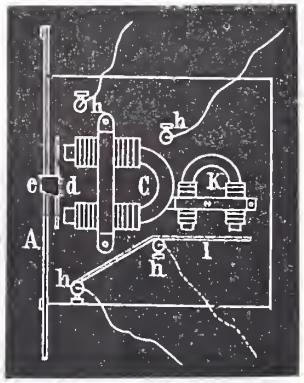


Fig. 157. Elektromagnetische Vorrichtungen an dem Apparate Fig. 155.

Der zweite, auf der Camera befindliche Elektromagnet (*K* Fig. 157) dient dazu, den Elektromagneten *C* zeitweilig ausser Thätigkeit zu setzen; sobald der Anker *l* angezogen wird, ist die Verbindung, welche durch die Schraube *h* den galvanischen Strom nach *C* führt, unterbrochen. Die Armatur *l* ist dann mit *K* in Berührung und von der Verbindungsschraube *h* entfernt. Wenn das Geschoss den Draht zerschneidet, wird *K* demagnetisirt, *l* legt sich wieder an *h* und führt den Strom durch *C*; die Scheibe *A* tritt in Rotation und exponirt die Platte in demselben Moment, in dem die Kugel den Draht zerreist.

In jüngster Zeit hat Professor Mach in Prag eine Methode der Photographie abgeschossener Kanonenkugeln der Wiener Akademie der Wissenschaften vorgelegt, welche Eder in seinem Werke über Momentphotographie folgendermassen reproduzirt:

Prof. Mach arbeitet in einem total verfinsterten Raume, worin sich der Apparat und die abzuschiessende Pistole befinden. Da wohl nicht leicht ein Momentverschluss rasch genug funktioniren würde, um das kleine Projektil im Fluge scharf zu photographiren, so lässt Prof. Mach die photographische Linse gänzlich offen und beleuchtet nur die fliegende Kugel im Augenblick des Vorbeifliegens durch einen momentan aufblitzenden elektrischen Funken. Das abgeschossene Projektil besorgt selbst das Entstehen dieses Beleuchtungsfunkens an der geeigneten Stelle.

Die Hinterladerpistole wird sorgfältig befestigt und das genaue Zielen durch Hindurchsehen durch den Lauf mit Hilfe eines Planspiegels bewerkstelligt. Der Schliessungsbogen einer Flaschenbatterie F ist bei 1 und 2 unterbrochen (Fig. 158). Fliegt die Kugel bei 1 vor dem Fernrohrobjektiv O zwischen den Drähten durch, welche mit Glasröhren bedeckt sind, so zerschlägt sie dieselben und es erscheint bei 1 und 2 ein Entladungsfunke. Das Licht von 2 dient zur Momentbeleuchtung der Kugel, sammelt sich mit Hilfe von O an dem Kopfe K der photographischen Kammer und entwickelt in P

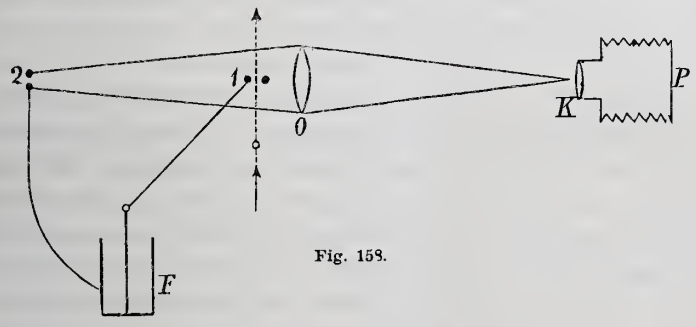


Fig. 158.

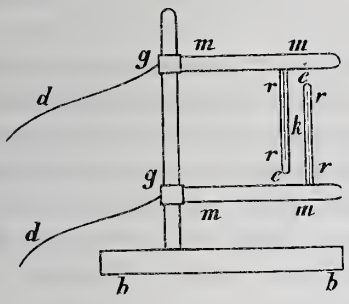


Fig. 159.

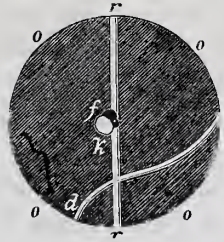


Fig. 160.

Fig. 158 bis 160. Photographie einer abgeschossenen Flintenkugel.

das Bild. P ist natürlich auf 1 möglichst scharf eingestellt. Die Elektroden bei 1 sind in obenstehender Zeichnung (Fig. 159) dargestellt: $g\,g$ Glasssäule auf einem Brette $b\,b$, $m\,m$ Messingstäbe, $d\,d$ Zuleitungsdrähte, $r\,r$ Glasröhrchen, bei $e\,e$ zugeschmolzen, mit dünnen Drähten, die zu $m\,m$ führen. Fliegt die Kugel bei k durch, so zerschlägt sie die Röhren, löst den Funken aus und wird mit diesem und den noch stehenden Röhren sichtbar. Das Schema des Negativbildes ist in Fig. 160 abgebildet. $o\,o\,o\,o$ Abbildung des erleuchteten Fernrohrobjektivs, $r\,r$ sich deckende Glasröhren, $d\,d$ ein

Zuleitungsdraht, der zur bequemeren Orientirung im Gesichtsfelde belassen wurde, *f* (der schwarze Fleck) Funke bei 1, *k* Kugel (nicht ganz kugelförmig aus käuflichen Patronen). Die Abbildung ist ganz scharf. Der Versuch wurde mit glänzendem Erfolge von den Professoren Salcher und Riegler mit einem Hinterlader wiederholt und die 11 mm Spitzkugel auf das glänzendste im Fluge scharf photographirt.

In dem Royal Naval College zu Greenwich werden in neuerer Zeit die Schüler der Seemannsschule alle in der Photographie unterrichtet. Die Seeoffiziere sollen sämmtlich mit derselben vertraut sein und jedes Schiff einen Offizier an Bord haben, der mit allen nöthigen Instrumenten zu genanntem Zwecke versehen ist.

Auch in den Vereinigten Staaten von Nordamerika benutzt man die Photographie zu militärischen Zwecken. Während des Sezessionskrieges waren sowohl im Hauptquartier als auch bei den einzelnen Armeecorps photographische Abtheilungen thätig. Es wurden an 4000 Aufnahmen gemacht, welche an die Divisionskommandanten zu Orientirungszwecken vertheilt wurden. Gegenwärtig wird die Photographie von der amerikanischen Regierung, abgesehen von militärischen Zwecken, auch bei dem Küsten-Vermessungsbureau und im Finanzministerium kultivirt.

Ferner schenkt man in Frankreich der Anwendung der Photographie für Kriegszwecke ganz besondere Aufmerksamkeit, und tritt hier die photographische Vermessungskunst in den Vordergrund. Der Chevallier'sche Messtisch, von welchem wir eine genaue Schilderung gegeben haben (vergl. S. 199), ist in der Armee allgemein verbreitet. Die photographische Reproduktion militärischer Pläne und Karten wird im französischen Kriegsministerium ebenso gehandhabt, wie in England.

Für die österreichische Armee wird in dem militärisch-geographischen Institut zu Wien unter der Leitung von Offizieren, insbesondere von Major O. Volkmer und Photographen-Vorstand E. Mariot das Beste geleistet, was die photographische Kartographie aufzuweisen hat. Die daselbst zu einer hohen Entwicklung gebrachten Reproduktionsmethoden (Photolithographie und Heliographie) haben einen völligen Umschwung in der Kartenerzeugung herbeigeführt, da man durch sie in Wochen erzielt, wozu einst Jahre erforderlich waren.

Ebenso wie in Oesterreich, hat man in Russland die photographische Darstellung und Reproduktion von Plänen berücksichtigt, und

bedient man sich dort besonders der Heliogravüre und Galvanoplastik zu genanntem Zwecke. In dieser Beziehung hat Georg Scamoni, Chef der heliographischen Abtheilung in der Expedition zur Anfertigung der Staatspapiere zu St. Petersburg Bedeutendes geleistet. Ein ganz besonderes Verdienst und zwar nicht allein um die Kriegswissenschaft, sondern auch um die Vermehrung geographischer und ethnographischer Kenntnisse überhaupt haben sich russische Offiziere durch die photographische Aufnahme bisher unerforschter Gegenden von Centralasien erworben.

Auch in Holland und Belgien ist man nicht hinter den genannten Ländern zurückgeblieben. Das im Haag stationirte militärisch-photographische Institut, welches unter der Leitung des Genie-Offiziers van der Beeck steht, hat schon recht Nennenswerthes geleistet. In dem betreffenden Etablissement wird die Photolithographie behufs Herstellung von Abbildungen der Artillerierequisiten in ziemlichem Umfang angewendet; ausserdem werden Vervielfältigungen von Karten. Plänen und Zeichnungen auf heliographischem Wege dargestellt. Die Reduktionen der 62 Blätter der topographischen und militärischen Karten des holländischen Reiches würden, wenn sie auf Stein hätten gezeichnet werden müssen, 31 Monate Zeit gekostet haben, während die Reproduktion mit Hilfe der Photographie und des photolithographischen Druckes nur 4 Monate Zeit in Anspruch nahm. Ausser der Reproduktion von Karten und Plänen hat die holländische Regierung mannigfache photographische Aufnahmen der einzelnen interessanten Positionen auf ihren Kolonien vornehmen lassen.

Ebenso wie von dem holländischen Kriegsministerium, werden von dem belgischen Generalstabe die photographischen Methoden in bedeutender Ausdehnung verwerthet und die Mappirungen (Landesaufnahmen) durch Anwendung der Photolithographie, der Photozinkographie und des Farbendrucks in kürzester Zeit den Offizieren der Armee zum Studium der Terrainverhältnisse zur Verfügung gestellt.

Das topographische Bureau des bayerischen Generalstabs hat vorzügliche kartographische Leistungen aufzuweisen. Dasselbe ist in mehrere Sektionen, die mathematische und statistische, in die Aufnahme- und Zeichnungs-, sowie in die Kupferstich- und Reproduktions-Sektion, gegliedert. Zur Darstellung von Karten wird besonders die Albertotypie oder der Lichtdruck gepflegt.

Von hoher Wichtigkeit für militärische Zwecke sind während des deutsch-französischen Krieges 1870/71 bekanntlich die Rekognoscirungen durch Luftballons gewesen. Schon vor 25 Jahren hatte

Nadar in Paris versucht, von einem Ballon aus Photographien darzustellen und auf Geheiss Napoleon III. im Jahre 1859 im österreichisch-italienischen Kriege die feindlichen Stellungen der Oesterreicher durch photographische Aufnahmen ausgekundschaftet. Infolge der damals für solche Zwecke noch sehr unempfindlichen Aufnahmeplatten waren die gewonnenen Abbildungen von keiner grossen Bedeutung. Weitere derartige Versuche wurden später mehrfach gemacht und insbesondere im Jahre 1878 von Dagron ein hübsches Panorama von Paris und in den Jahren 1883 und 1885 von Shadbolt in London und Tissandier in Paris vortreffliche Leistungen

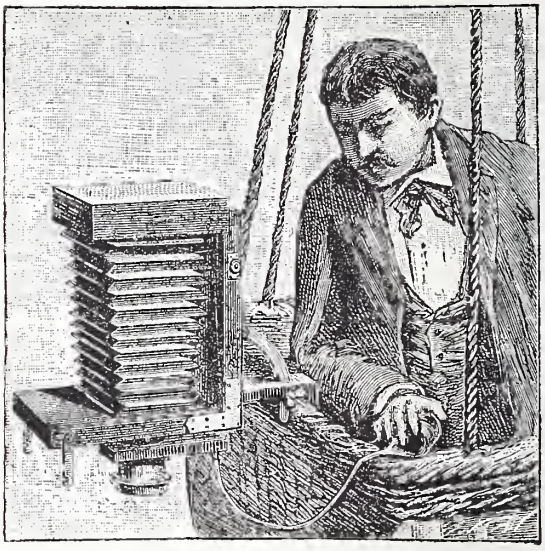


Fig. 161. Tissandier's Apparat zur Ballon-Photographie.

auf erwähntem Gebiete erzielt. Auch in Wien wurden durch Lenhart und den Luftschiffer Silberer photographische Abbildungen einzelner Stadttheile erhalten, ja sogar schon im Jahre 1862 von Dr. Carl Günther daselbst die Idee ausgesprochen, einen an seiner unteren Seite mit einer photographischen Camera versehenen Ballon captif steigen zu lassen und durch eine in das Leitseil eingewebte elektrische Leitung den Momentverschluss der Camera zu öffnen und zu schliessen. Eine solche Camera führte Woodbury im Jahre 1877 mit vier lichtempfindlichen, durch elektrische Vorrichtungen wechselnden Platten aus. Unsere Fig. 161 zeigt die Anordnung des photographischen Apparates, wie solchen der berühmte Aëronaut und Naturforscher

Tissandier an der Gondel seines Ballons anbrachte. Die Oeffnung und Schliessung des Objektivs geschah mittels eines durch die Hand des Luftschiffers regierten pneumatischen Druckapparates. Unsere

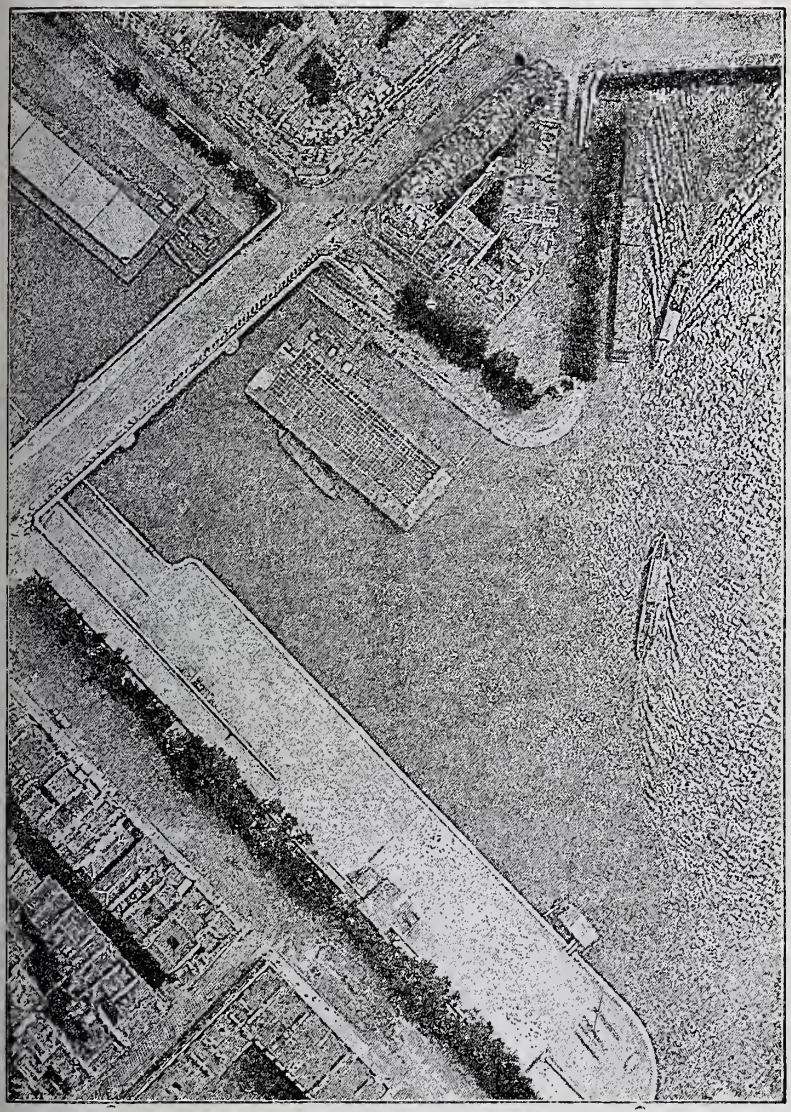


Fig. 162. Momentphotographie von Gaston Tissandier und Jacques Ducom; aufgenommen vom Ballon aus über Paris in 605 m Höhe. (Plan der Seine mit zwei kleinen Schiffen; Brücke Louis Philippe; Fort de l'Hôtel-de-Ville und Spitze der Insel Saint-Louis.)

Figg. 162 und 163 zeigen die erste eine Momentphotographie eines Theils von Paris, wie sie Tissandier aus einer Höhe von 605 m aufgenommen hat, die andere das photographische Ballonbild einer

wissenschaftlicher Bilder, besonders zur Darstellung der Phasen der Himmelskörper, zu anatomischen und physiologischen Erörterungen, sowie zum Nachweise minimaler Lebensbewegungen und chemischer Vorgänge.

Um einem grösseren Zuhörerkreise zu Unterrichtszwecken geeignete Projektionsbilder vorzuführen, war man bis vor wenigen Jahren entweder auf das Drummond'sche Kalklicht und dessen Modifikationen (vgl. Band 1, Seite 108, sowie die folgenden Paragraphen) oder auf die Verwendung elektrischen Lichtes angewiesen Neuerdings aber ist man infolge vortrefflicher, aus Amerika stammender Verbesserungen der ursprünglichen Laterna magica in den Stand gesetzt, sogar mit einfacher Petroleumbeleuchtung genügend helle, ein bis zwei Meter breite Projektionsbilder darzustellen, welche insbesondere zum Zwecke physikalischen, anatomischen oder naturwissenschaftlichen Unterrichts nichts zu wünschen übrig lassen, insofern für einen kleineren Zuhörerkreis, wie ihn eine Schulklasse bildet, vorgetragen wird.

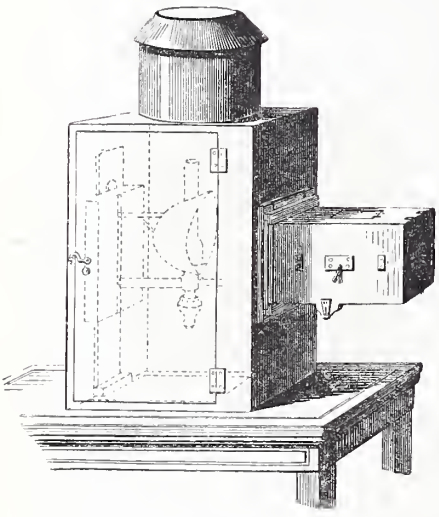


Fig. 164. Primitive Projektionslaterne.

Die ursprüngliche Projektionslampe, die Laterna magica, wurde um das Jahr 1640 von Atanasius Kircher erfunden. In ihrer primitiven Form besteht sie dem äusseren Ansehen nach aus einem einfachen viereckigen geschlossenen Kasten (Fig. 164), an dessen Vorderseite ein eckiges Rohr hervortritt. Im Innern, gegenüber dem Rohre, ist ein Hohlspiegel angebracht, der bei den einfachsten Instrumenten aus Blech gefertigt, bei den besseren Apparaten aus Silber getrieben ist und in dessen Brennpunkte eine Oellampe steht. In der Röhre sitzen zwei konvexe gegen einander verschiebbare Linsen, hinter denen ein Spalt zum Einschieben der Bilder sich befindet. Je nachdem man kleine oder grosse Bilder auf der Projektionswand entwerfen will, muss man sich mit dem Apparate derselben nähern, oder sich von ihr entfernen und nach dem jeweiligen Verhältnisse die Stellung der Gläser zu einander verändern.

Die moderne Laterna magica unterscheidet sich im Prinzipe nicht von der ursprünglichen Erfindung. Dagegen ist sie sowohl in Bezug auf die Güte der Linsen, als auch in Betreff der Beleuchtungsvorrichtungen bedeutend vervollkommnet; die Gläser sind exakter geschliffen, die Spiegel feiner polirt, die Schiebevorrichtungen genauer abgewinkelt. Zur Konzentration des Lichtes befindet sich zwischen Glasbild und Lichtquelle eine Linsenkombination von zwei mit den gewölbten Seiten gegeneinander stehenden plankonvexen Linsen (Fig. 165). Letztere finden sich in verschiedenster Grösse und Güte in allen neueren Projektionslaternen, mögen dieselben mit Petroleum-, Gas-, Drummond'schem oder elektrischem Lichte versehen sein. Man nennt diese Linsenkombination den Kondensor oder Kondensator des Projektionsapparates. Während an den alten magischen Laternen sich nur eine einzige, der Halbkugelform sich nähernde, zur Konzen-

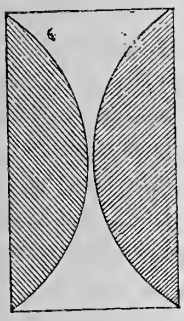


Fig. 165. Kondensatoren.

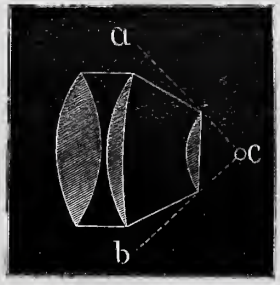


Fig. 166. Tripelkondensator.

tration des Lichtes geeignete Glaslinse befindet, haben alle neueren derartigen optischen Apparate mindestens ein Linsenpaar, wie in Fig. 165 abgebildet. Die Kondensatorlinsen müssen stets grösser sein, als das zu projizirende Bild, desgleichen sind solche in ein Röhrensystem einzupassen, welches gegen die Lichtquelle verschiebbar ist, um die richtige Brennweite des Condensators, welcher eine möglichst kurze Fokaldistanz haben muss, stets einstellen zu können. Um den Einfluss der Wärme der Lichtquelle auf die Glaslinsen, ebenso wie auf die Präparate zu neutralisiren, können verschiedene Vorrichtungen, auf die wir später noch zurückkommen, angebracht werden. Es giebt übrigens noch einige weitere Anordnungen, um je nach der Grösse der zu projizirenden Bilder und der Art des Lichtes die Kondensatoren verändern zu können, wie z. B. bei den in Fig. 166 abgebildeten Tripel-Kondensatoren, deren Grundform, von Andrew Ross angegeben, aus dem Jahre 1836 stammt.

Die in Rede stehende dreifache Linsenkombination wurde zum ersten Male im Jahre 1877 in dem Almanach des British photographic Journal für Projektionszwecke empfohlen; dieselbe besteht aus dem Kondensator *a b*, vor welchem nochmals eine plankonvexe Linse sich befindet. Durch diese Vorrichtung wird der Fokus *c* der Linsenkombination noch mehr verkürzt und hierdurch ein grösserer Beleuchtungswinkel für das Bild erzielt. Solche Tripelcondensatoren findet man zumeist an den besseren amerikanischen Projektionsapparaten angebracht. Die Grösse der Kondensatoren hat sich stets, wie schon oben angedeutet, nach der Grösse der Bilder zu richten; im Allgemeinen aber dürften Linsen von 10 bis 12 cm Durchmesser für alle vorkommenden Fälle wohl die geeignetsten sein. Sehr empfehlenswerth, aber den Preis der Kondensatoren vertheuernd, ist es, zu denselben zweierlei Glas zu verwenden, um eine möglichste Achromasie der Bilder herbeizuführen. Für die meisten Fälle dürften aber gut geschliffene Kondensatoren aus einer einzigen Glassorte, am besten aus möglichst weissem Flintglase, genügen. Wenn in einem derartigen Kondensator sich einige kleine Luftpünktchen befinden, so schadet das nichts; grössere Fehler im Glase aber müssen unbedingt vermieden werden. Die Kondensationslinsen müssen etwa um einen halben Millimeter in ihrer Fassung leicht hin- und herbeweglich sein, da sie durch die Wärme der Lichtquelle ausgedehnt werden und, wenn sie keinen Raum zur Ausdehnung finden, springen. Um die Kondensatoren vor letzterem Unfall zu schützen, müssen sie allmählich angewärmt werden, was dadurch geschieht, dass man die Lichtquelle nicht sofort auf ihre ganze Höhe bringt, sondern erst nach und nach anwachsen lässt. Um den Einfluss der Hitze auf die Kondensatoren und die vor denselben anzubringenden Bilder oder Präparate überhaupt zu vermeiden, kann man auch das Licht durch einen mit konzentrirter Alaunlösung gefüllten Trog oder durch eine vollkommen klare und durchsichtige dicke Alaunscheibe gehen lassen, wodurch ein grosser Theil der Wärmestrahlen absorbirt wird. Auch ein um das Condensatorrohr mehrfach herumgelegter Gummischlauch, durch welchen man mittelst eines Irrigators perpetuirlich kaltes Wasser fliessen lässt, kann zur Kühlhaltung des Kondensators und auch der Präparate dienen. Die Vorsichtsmassregel ist nur bei sehr empfindlichen Präparaten, auf welche wir bei der mikroskopischen Projektionslehre zurückkommen werden, nothwendig.

Ein zweiter Theil des Apparates, welcher bei allen Instrumenten vorhanden sein muss, ist das vor dem Kondensator anzubringende

bewegliche Objektiv, dessen Linsen vor Allem so geordnet sein müssen, dass sie ein genügend beleuchtetes Glasbild oder ein anderes durchsichtiges Objekt in hinreichender Grösse auf die weisse Wand des Auditoriums zu werfen vermögen. Ein für den Projektionsapparat geeignetes Objektiv muss bei genügender Bildschärfe frei von Verzeichnung und vollkommen achromatisch sein, d. h. es muss die Eigenschaften eines guten photographischen Porträtobjektivs besitzen. Gute photographische Objektive sind heutzutage um so äusserst billigen Preis zu haben, dass solche einen Projektionsapparat niemals erheblich vertheuern und die früher üblichen röhrenförmigen Linsenkombinationen der Laterna magica überall verdrängt haben. Zudem sind derartige Objektive noch nebenbei zu photographischen Aufnahmen geeignet, erfüllen demnach einen doppelten für die Projektionskunst erforderlichen Zweck. Bei Wahl der Objektive für Projektionsapparate ist darauf zu achten, ob der Apparat hinter einer durchsichtigen Projektionswand steht und demnach nahe an dieselbe gerückt wird oder ob man über die Köpfe der Zuschauer hinweg auf eine gegenüberliegende Wand die Bilder aufzuwerfen hat. Für den erstgenannten Fall sind Objektive von kürzerer, für den letzteren Fall von grösserer Brennweite zu wählen. Bei den verschiedenen Projektionslaternen wechselt der Fokus zwischen 18, 22 und 25 cm. Das Doppelobjektiv muss in eine leicht bewegliche Röhre eingelassen sein, um je nach der Entfernung der weissen Wand von dem Apparate und je nach der gewünschten Grösse der Bilder die Objektivlinsen der Lichtquelle nähern oder von derselben entfernen zu können. Es lassen sich bestimmte Formeln angeben, nach welchen sich, ohne viel zu experimentiren oder zu probiren, immer die richtigen Verhältnisse bei einer jeweiligen Bildgebung a priori feststellen lassen. Nehmen wir z. B. an:

die Grösse des beleuchteten Glas-Original-Bildes sei $= m$ cm,
der Fokus des Objektivs . . . . . $= f$ „
die Entfernung der Projektionslaterne von der weissen Wand . . . . . $= x$ „
der Durchmesser des auf die weisse Wand projizirten Bildes . . . . . $= y$ „

so würden sich für die jeweiligen Grössenverhältnisse der Entfernungen oder der Bilder folgende Formeln ergeben:

$$f = \frac{x \cdot m}{y},\ x = \frac{y \cdot f}{m},\ y = \frac{x \cdot m}{f}.$$

Machen wir uns diese Formeln an einem Beispiele klar. Angenommen, wir wollten die Entfernung finden, welche die Projektionslampe von der weissen Wand haben muss, um ein Bild von 2 m Durchmesser zu erhalten; das beleuchtete Objekt habe 6 cm Durchmesser, die uns bekannte Brennweite des Objektivs sei 18 cm. Für diesen Fall würde unsere Formel lauten:

$$x = \frac{200 \cdot 18}{6} = 600 \text{ cm} = 6 \text{ m}.$$

Demnach hätten wir mit unserem im Beispiele angenommenen Apparate 6 m von der weissen Wand weg zu gehen, um ein Bild von 2 m Durchmesser zu erhalten. Nehmen wir ein anderes Beispiel: wir wollen wissen, welchen Fokus das Objektiv haben müsste, um in einem Saale von 10 m Länge über die Köpfe der Zuschauer hinweg ein scharfes Bild von mindestens 3 m Breite auf die weisse Wand zu projiziren; Originalbildgrösse 6 cm. Die Formel würde lauten:

$$f = \frac{1000 \cdot 6}{300} = 20 \text{ cm}.$$

Die Brennweite eines derartig zu verwendenden Objektivs müsste demnach, um ein richtiges und gutes Bild zu geben, mindestens 20 cm betragen.

Neben den optischen Vorrichtungen ist eines der wichtigsten Erfordernisse zur Erzeugung von Projektionsbildern eine günstige Beleuchtung. Je nachdem man vor einem grösseren oder kleineren Zuhörerkreise Vorträge zu halten hat, wird man sich einer stärkeren oder schwächeren Lichtquelle zur Erzeugung der Projektionsbilder bedienen.

Um uns einen Begriff von dem gegenseitigen Leuchtverhältnisse der verschiedenen zu Projektionszwecken benutzten Lichtquellen zu verschaffen, nehmen wir als Einheit die sogenannte englische Normalparaffinkerze mit 1 an. Demgemäss giebt:

	Licht in Kerzenstärken.
eine Carcellampe, welche 45 g Oel pro Stunde verbraucht	$7^1/_2$,
eine Moderatorlampe mit einem 16linigen Brenner	10,
eine desgl., wenn dem Oele Kampher zugesetzt wird	15.
ein Argand'scher Gasbrenner	15,
eine Petroleumlampe mit grossem Rundbrenner .	15.
eine Skioptikonlampe mit zwei Dochten	30.

	Licht in Kerzenstärken.
eine Pinakoskoplampe nach J. Ganz	50,
ein Sauerstoffalkoholkalklicht	150—200,
eine Magnesiumlampe	200—250,
ein Drummond'sches Kalklicht	250—500,
das elektrische Licht einer Bunsen'schen oder Grove'schen Batterie von 50 Elementen . . .	350—400,
das elektrische Licht einer Dynamomaschine je nach Tourenzahl und Grösse	500—2000.

Letztere Lichtstärke wird übrigens bei Projektionsapparaten kaum zur Verwendung kommen, da selbst bei Vorlesungen in den grössten

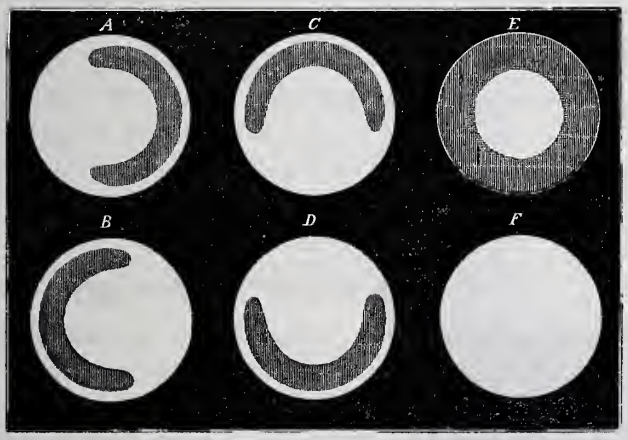


Fig. 167. Centrirung des Lichtpunktes.

Sälen man mit einer Lichtstärke von 500 event. 1000 Kerzenstärken immer ausreichen wird.

Hat man in dem Innern der Projektionslampe das genügende Licht erreicht, so ist die Centrirung des Lichtpunktes das Wichtigste zur Erzielung einer gleichmässigen Beleuchtung des Objektivs, mithin auch eines gleichmässig beleuchteten vergrösserten Bildes an der Projektionswand. Möge man eine Oellampe, Leuchtgas, Drummondsches Kalklicht oder elektrisches Licht benutzen, so ist in allen Fällen auf jenes Erforderniss Rücksicht zu nehmen. Je kleiner an Rauminhalt die Lichtquelle ist — die kleinste Lichtquelle bildet das elektrische Licht — desto genauer muss centrirt werden. Eine Verrückung des Lichtpunktes um 1 oder 2 mm zur rechten oder linken Seite genügt, um auf einer Seite des Projektionskegels eine Verdunkelung zu erhalten. Unsere Fig. 167 zeigt bei *F* ein vollkommen

gleichmässig beleuchtetes Gesichtsfeld, während von *A* bis *E* die verschiedenen Fehler der Centrirung des Lichtes ersichtlich sind. Steht der Lichtpunkt dem Kondensator des Projektionsapparates zu nahe, so entsteht ein kreisförmiger bläulicher Halbschatten, wenn die Lichtquelle zu weit entfernt ist, ein röthlicher Halbschatten (*E*). Steht die Lichtquelle zu weit nach rechts im Apparate, so hat der Lichtkegel bezw. die beleuchtete Fläche der Projektionswand einen Halbschatten auf der linken Seite (*B*); ist dagegen der Lichtpunkt zu viel links, so erhält man einen Halbschatten auf der rechten Seite (*A*). Ist der Lichtpunkt zu hoch, so zeigt sich der Halbschatten *D*, ist er zu tief, der Halbschatten *C*. Es ist ein Leichtes, durch eine Triebstangen-Vorrichtung die Lichtquelle um ein Minimum auf oder ab, nach rechts oder links zu schieben, um die richtige Centrirung derselben zu erzielen. Im Allgemeinen wird das Centriren nur bei Verwendung von Kalklicht oder elektrischem Lichte nothwendig, da bei den mit Petroleum gespeisten Skioptikonlampen und deren Abkömmlingen die Centrirung der Flamme durch das Einschieben der Lampe in eine Doppelrinne geschieht und die Stellung des Lichtpunktes dadurch a priori gesichert ist.

2. DIE ÜBLICHEN PROJEKTIONSAPPARATE.

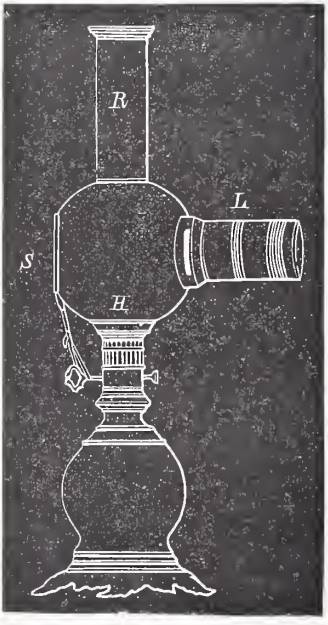


Fig. 168. Einfache Projektionslampe.

Eine höchst einfache Projektionslampe, die insofern auch für den wissenschaftlichen Unterricht benutzbar ist, als sie bei einem kleinen Auditorium von etwa 10 bis 15 Schülern Verwendung finden kann, ist in Fig. 168 abgebildet. Eine gewöhnliche Petroleum- oder Solaröl-Lampe mit Rundbrenner oder breitem Flachbrenner wird statt mit der üblichen das Licht dämpfenden Glaskugel mit einer geschwärzten Blechkugel *H* (Fig. 168) versehen, welche an ihrer hinteren Fläche einen Hohlspiegel *S*, an ihrer gegenüberliegenden vorderen Fläche eine Linsenkombination *L* trägt; das Licht befindet sich im Fokus des Hohlspiegels bei *H*. Die Linsen sind in einer Hülse verschiebbar. Der Cylinder der Lampe ist von einem

geschwärzten Rohre *R* umgeben, um alles Nebenlicht abzuhalten. Die von dem Hohlspiegel reflektirten Strahlen werden parallel auf die Linse geworfen und hier im Vereine mit den direkt von der Lichtquelle kommenden Strahlen auf den zu beleuchtenden Gegenstand konzentrirt.

Für den wissenschaftlichen Unterricht kommen drei Gattungen von Projektionsapparaten in Betracht: erstens das aus Amerika stammende Skioptikon, zweitens die mit Drummond'schem Kalklichte versehene Projektionslampe und drittens die elektrische Projektionslampe.

a) DAS SKIOPTIKON MIT PETROLEUMBELEUCHTUNG.

Dieser Apparat wurde von L. Marcy in Philadelphia vor etwa 15 Jahren erfunden. Der Hauptunterschied zwischen dieser in grösserem

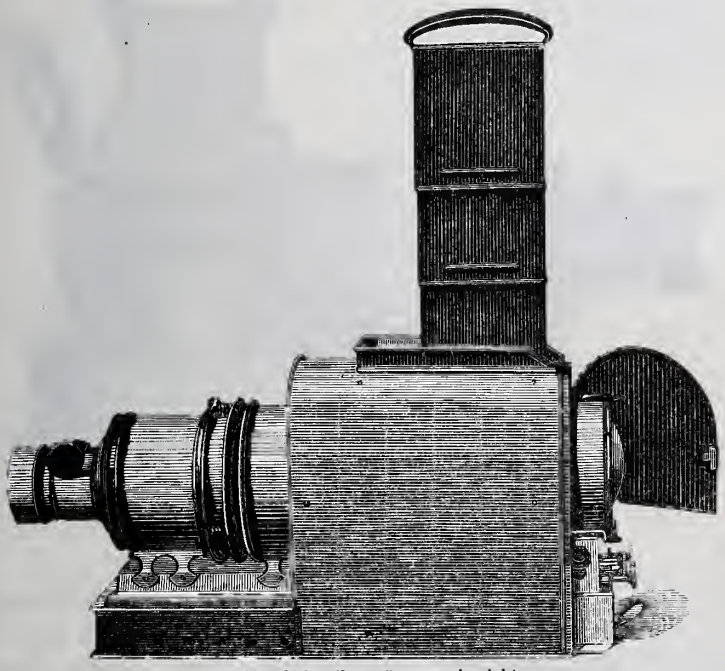


Fig. 169. Skioptikon, äussere Ansicht.

Style ausgeführten Laterna magica und den alten Projektionsapparaten liegt in der Konstruktion der Lampe, deren Grundprinzip darin besteht, dass zwei breite Dochte, nicht wie man das bei früheren Apparaten findet, quer gegen den optischen Apparat stehen, sondern mit ihren Schmalseiten nach den Linsen gerichtet sind. Auch die Einführung des Petroleums als Brennmaterial hat sich für die Ent-

wickelung und Verbreitung der Projektionskunst sehr vortheilhaft erwiesen und wird solches fast ausschliesslich bei den Skioptikons benutzt. Das Licht dieser Lampen wird dadurch weiss gefärbt, dass dem Petroleum etwas Kampher in Lösung zugesetzt wird. Das Skioptikon Fig. 169 und 170 gestattet eine fünfzigfache Linearvergrösserung der Bilder in scharfer und klarer Reproduktion. Die innere Organisation dieses Apparates ist die folgende: Zur Linken befindet sich das photographische Objektiv mit den Linsen *a b c d*. Dieses sitzt an einem Blechkasten mit Holzfassung (*h*), der ausgezogen werden kann. *o'* ist ein Draht, der zum Halten eines hölzernen Schiebers

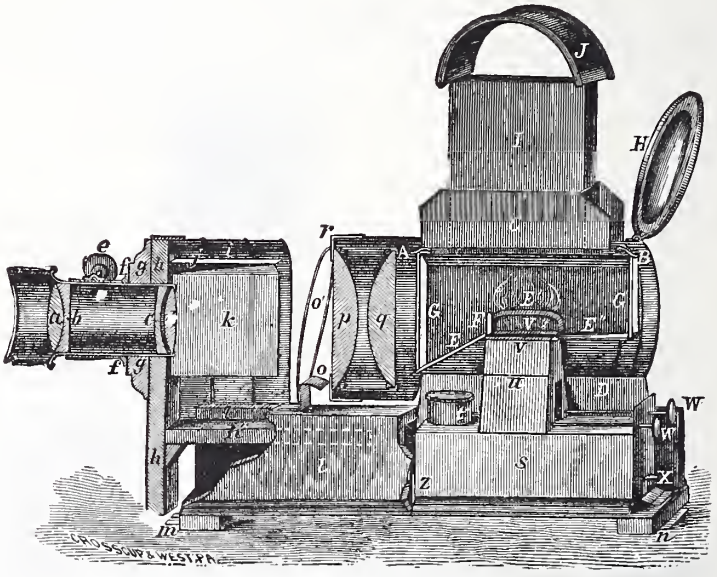


Fig. 170. Skioptikon, Durchschnitt.

dient. Die Bilder werden mit Hilfe der Konzentrationslinsen *p q* durch die Flamme *E'* kräftig erleuchtet. Die Linsen *p q* sitzen in einer Kapsel, die sich herausnehmen lässt. Hinter derselben befindet sich der oben in einen Schornstein endigende Brennraum. Bei *G G'* ist derselbe mit verschiebbaren Spiegelglasplatten verschlossen. Wichtigere Bestandtheile der Lampe sind ferner der Petroleumkasten *S*, der bei *t* gefüllt wird, und der Dochthalter *V*. Dieser führt zwei flache, breite Dochte, welche mit Hilfe der Schrauben *W W* emporgedreht werden. Durch einen Druck auf die Feder bei *X* lässt sich die Lampe leicht ausheben und wieder einsetzen. Vor

dem jedesmaligen Gebrauche der Lampe schraubt man die Dochte empor, hebt die hintere Glasplatte *G* aus, entzündet die Lampe und setzt das Glas wieder ein. *H* ist ein mit Silber belegter an den hinteren Deckel des Apparates befestigter Reflektor, durch welchen das Licht erheblich verstärkt wird.

Die gewöhnlichen Skioptikons, welche nach den amerikanischen Mustern bei uns angefertigt werden, zeigen oft den Fehler, dass ein dunkler Streifen, welcher durch die parallele Stellung der Lampendochte bedingt ist, in der Mitte der beleuchteten Wandfläche entsteht. Auch ist es bei denselben nicht leicht, eine andere Lichtquelle als Petroleumlicht, z. B. Magnesiumlicht, Drummond'sches Kalklicht oder elektrisches Licht, zu benutzen. Mehrere neuere Konstrukteure, wie Stöhrer in Leipzig, Ganz in Zürich und Andere haben diesen Missstand dadurch beseitigt, dass sie den Dochten eine keilförmige Stellung zu einander gaben, wodurch der dunkle Streifen verschwindet und eine gleichmässig beleuchtete Fläche entsteht. Fig. 171 zeigt die Einrichtung, welche Emil Stöhrer der Lampe gegeben hat. Der obere Theil *G*, der sog. Brennerkasten, welcher auf beiden Seiten durch Hartglasplatten geschlossen ist und bei der älteren Konstruktion im Innern des Gehäuses befestigt war, hängt hier durch Charniere mit der Lampe fest zusammen. Entfernt man die Lampe mit dem Theil *G* aus dem Gehäuse, so erhält man einen Hohlraum, welcher gross genug ist, auch Apparate für intensivere Lichtquellen als die Petroleumlampen aufnehmen zu können.

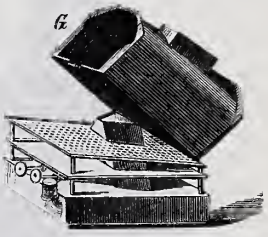


Fig. 171. Skioptikonlampe von Stöhrer.

b) DAS PINAKOSKOP.

J. Ganz in Zürich hat in den jüngsten Jahren ein Skioptikon konstruirt (Fig. 172), welchem er den Namen Pinakoskop beilegte und das unstreitig den besten Projektionsapparat für Petroleumbeleuchtung darstellt. Dieser Apparat zeichnet sich vor anderen Modellen in erster Linie durch eine vorzügliche Luftzugsvorrichtung aus. Die Luft tritt bei den Pfeilen *pp* ein und bei den Pfeilen *p' p'* aus. Durch diese Luftzugsvorrichtung wird ein fortwährendes Kühlhalten des Lampengehäuses *A* erzielt. Letzteres kann nach verschiedenen Richtungen hin während des Brennens der Lampe auseinander geschlagen werden, ebenso ist die Beleuchtungsvorrichtung leicht herauszunehmen und wieder an ihren Platz zu bringen, um

eventuelle Fehler im Brennen der Lampe zu beseitigen. Die Lampe ist in Fig. 173 separat abgebildet. Dieselbe besteht aus einem viereckigen Kasten, in den das Oel durch eine rechtwinkelig gebogene, mit einer Schraube verschlossene Röhre eingegossen wird. Vor der Lampe befindet sich eine Glasscheibe aus Hartglas, welche ein Erwärmen der Kondensatoren, die ebenso wie bei dem Skioptikon (Fig. 169) angebracht sind, verhindert. Ueber den Brennern befindet sich ein mit Hartglasverschluss versehener Schutzkasten (Fig. 174), der mit der Lampe in das Skioptikon hineingeschoben wird und um dessen Wände herum die oben erwähnte Luftzirkulation kreist, sodass eine Erhitzung der äusseren Skioptikonwände möglichst ausgeschlossen wird. Das Instrument zeichnet sich des Weiteren dadurch vor anderen ähnlichen Apparaten aus, dass sowohl die Einstellung von Bildern, als auch das Anfügen von Apparaten zur Projektion von Experi-

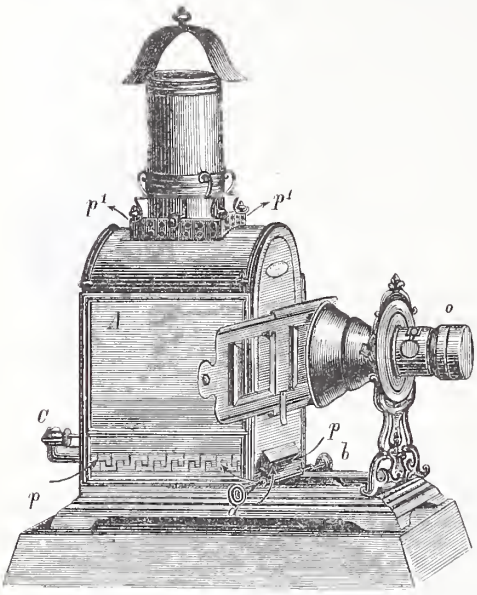


Fig. 172. Pinakoskop von Ganz.

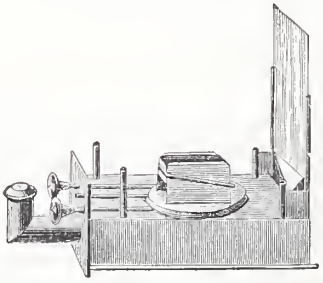


Fig. 173. Pinakoskoplampe.

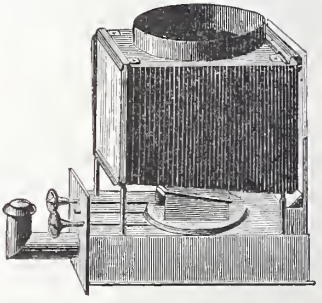


Fig. 174. Lampengehäuse für Pinakoskop.

menten und dergleichen leicht ausführbar ist. Zwischen zwei Schraubenköpfen *a b* (Fig. 172) ist eine Axe aufgesetzt, welche Triebräder trägt, die in eine gezahnte Stange eingreifen, um den gesammten Apparat mit Leichtigkeit von dem Objektive entfernen oder demselben

nähern zu können. Das Objektiv *o* sitzt auf einer durchbrochenen Wand, die vermittelst Bajonettverschluss befestigt und leicht entfernt werden kann, um an Stelle des Objektivs einen Vergrösserungsapparat oder sonstige optische Instrumente für verschiedene physikalische Experimente aus dem Gebiete der Lichtlehre anfügen zu können. Auf die zu dieser Projektionslampe gehörigen sinnreichen Nebenapparate werden wir später zurückkommen. Neben der Petroleum-Beleuchtung kann man bei dem Ganz'schen Apparate infolge des Umstandes, dass der Beleuchtungsapparat von dem optischen Theile getrennt werden kann, auch andere Lichtquellen benutzen, so z. B. grosse Argand'sche (Fig. 175) oder Siemens'sche Gasbrenner, Magnesiumlampen (Fig. 198), Knallgasbrenner (Fig. 189), Olivin- und elektrisches Licht (Fig. 197).

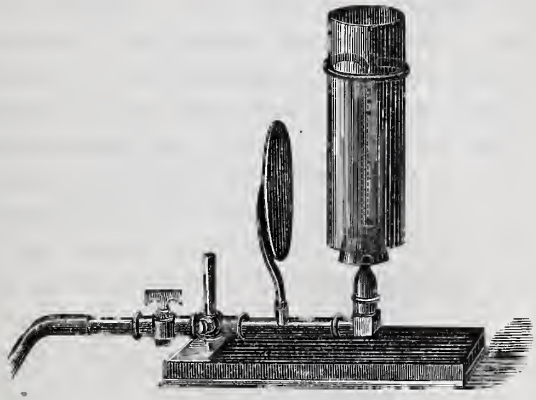


Fig. 175. Argand'scher Brenner für Skioptikon.

c) DER KALKLICHT-APPARAT.

Das Drummond'sche Kalklicht (vgl. auch Seite 108, Band I) wird bekanntlich dadurch erhalten, dass in eine Wasserstoffgas-, Kohlenwasserstoffgas- oder Alkoholflamme unter hohem Drucke Sauerstoff eingeleitet wird, welcher die Flamme gegen einen Kegel aus ungebranntem Kalk, gepresster Magnesia oder auf einen Olivincylinder lenkt, wodurch solcher in hohe Weissgluth versetzt wird und ein sehr bedeutendes Licht ausstrahlt. In neuerer Zeit wird kaum mehr reines Wasserstoffgas zu dem Kalklichte benutzt, da ja allenthalben, selbst in kleineren Städten, Kohlenwasserstoffgas zu Leuchtzwecken fabrizirt wird und immer zur Hand ist. Um jedoch solchen, welche Projektionsapparate auf dem flachen Lande benutzen wollen, die eigene Darstellung des Wasserstoffgases zu ermöglichen, soll die Schilderung einiger einfacher Darstellungsformen desselben hier Platz finden. Einige Stunden, bevor man das Gas darstellt, muss verdünnte Schwefelsäure in grossen Massen angefertigt werden und zwar in dem Verhältnisse von einem Theile käuflicher konzentrirter

englischer Schwefelsäure und sieben Theilen Wasser. Bei der Mischung muss die Schwefelsäure in dünnem Strahle unter beständigem Umrühren in das Wasser gegossen werden, um allzugrosse Erhitzung zu vermeiden. In eine grosse Glasflasche *A* (Fig. 176) werden etwa 250 g Zinkstückchen gebracht und hierauf die Flasche mit einem doppelt gebohrten Gummipfropfen verschlossen, durch welchen zwei Glasröhren gesteckt sind, deren eine, *B*, bis auf den Boden der Flasche reicht, während die zweite oben umgebogene, *F*, mit einem Gummischlauche versehen ist. Mit der eben erwähnten verdünnten Schwefelsäure wird nun die Flasche etwa zur Hälfte gefüllt, worauf sofort die Wasserstoff-Entwickelung beginnt. Der Gummischlauch *D* wird erst an die Glasröhre *F* angesteckt, wenn die Gasentwickelung etwa

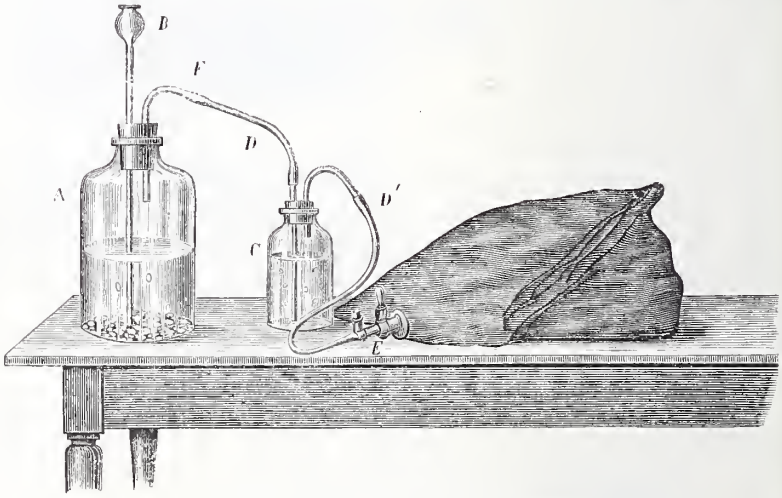


Fig. 176. Wasserstoffbereitung im Kleinen.

zehn Minuten lang im Gange war und nachdem alle atmosphärische Luft durch das sich entwickelnde Gas ausgetrieben worden ist. Das andere Ende des Gummischlauches *D* wird mit der Waschflasche *C* verbunden, durch welche das Gas, um gereinigt zu werden, in der Weise, wie gezeichnet, hindurch zu führen ist. Die Reinigungsflasche wird zur Hälfte mit Wasser gefüllt, in welchem alle mitgeschleuderten Stoffe zurückgehalten werden. Von der Waschflasche führt ein Gummischlauch *D' E* nach dem Gassacke, welcher, bevor das Gas in denselben eindringt, vollkommen von atmosphärischer Luft durch festes Zusammenpressen zwischen zwei Platten befreit worden ist. Sobald der Gassack prall gefüllt ist, wird der Hahn *E* geschlossen, der Apparat auseinander genommen und die verdünnte Säure ab-

gegossen. Die in Rede stehenden Gassäcke müssen aus festem vulkanisirtem Gummi dargestellt sein und sind solche in Gummiwaaren-Handlungen meist vorräthig zu finden. Wird Kohlenwasserstoffgas aus einer Leitung benutzt, so ist es besser, mit demselben einen Gassack zu füllen, da gewöhnlich das in den Leitungen befindliche Leuchtgas zu wenig Druck für den vorliegenden Zweck zu haben pflegt und hoher Druck des Gases bei dem Kalklichte wichtig ist.

Eine rasche und ausgiebige Darstellung des Wasserstoffgases wird mit dem von Molteni in Paris empfohlenen Apparate (Fig. 177) erreicht. Dieser Apparat besteht aus einer Bleiglocke *A*, deren beweglicher Boden *B* mit einer Anzahl von Löchern versehen ist. Die Glocke *A* endet in ein mit dem Hahne *C* verschliessbares Rohr. Um den Apparat zu laden, wird der Trichter *CAB* herausgenommen, umgestürzt und so gehalten, dass der Hahn nach unten steht. Hierauf wird der durchbohrte Boden herausgenommen und die Glocke *A* zu drei Viertel mit Zinkstückchen gefüllt, der durchlöcherte Boden wieder aufgesetzt und hierauf die Bleiglocke in den Bottich *D* eingesetzt. Der Bottich selbst ist mit dem oben erwähnten Schwefelsäuregemische gefüllt. Nur so lange der Hahn *C* geöffnet ist, kann sich Wasserstoffgas entwickeln, weil nach dem Gesetze der kommunizirenden Röhren nur dann die Flüssigkeit aus dem Bottich *D* durch die Oeffnungen *E* in den Trichter *A* eindringen kann. Ist aber der Hahn *C* geschlossen, so sammelt sich das Gas bei *A* an und drückt die Flüssigkeit in den Bottich zurück, wie das in gleicher Weise bei den alten Gasfeuerzeugen der Fall war. Das bei dem Hahne *C* ausströmende Wasserstoffgas wird in gleicher Weise in die Säcke durch Vermittelung einer Waschflasche übergeführt, wie dies in Fig. 176 dargestellt ist. Man muss sich sehr in Acht nehmen, mit

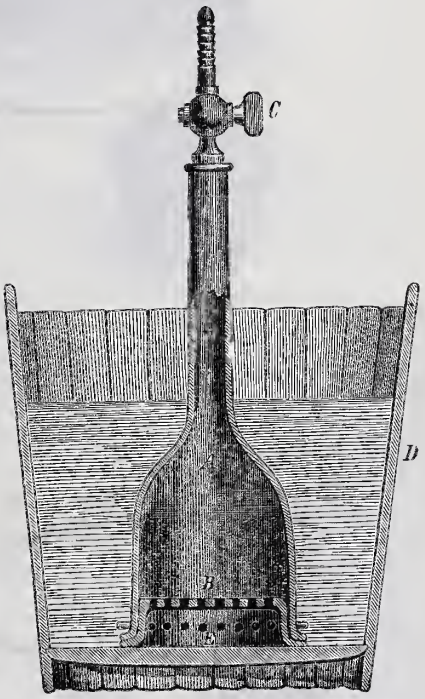


Fig. 177. Wasserstoffbereitung im Grossen.

einer Flamme dem Gassacke sich zu nähern, da das Wasserstoffgas bekanntlich, sobald es mit atmosphärischer Luft in Berührung kommt, sofort Feuer fängt und daher ein solcher Sack leicht explodiren kann.

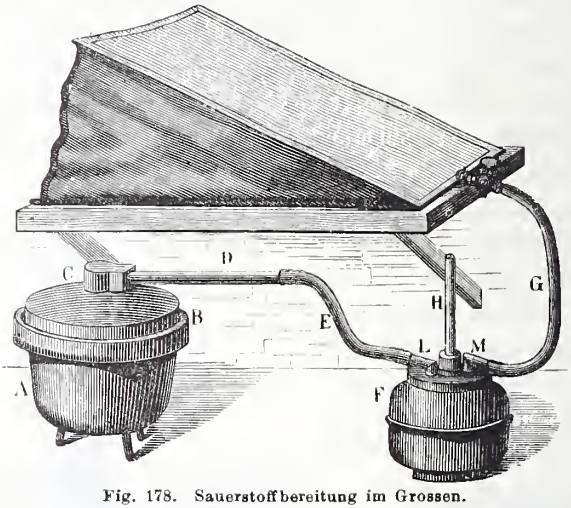


Fig. 178. Sauerstoffbereitung im Grossen.

Das Sauerstoffgas wird in der Weise dargestellt, wie solches in Fig. 178 und 179 ersichtlich ist. Das Material zur Darstellung desselben ist auch S. 246 beschrieben. In eine eiserne Retorte *A*, welche

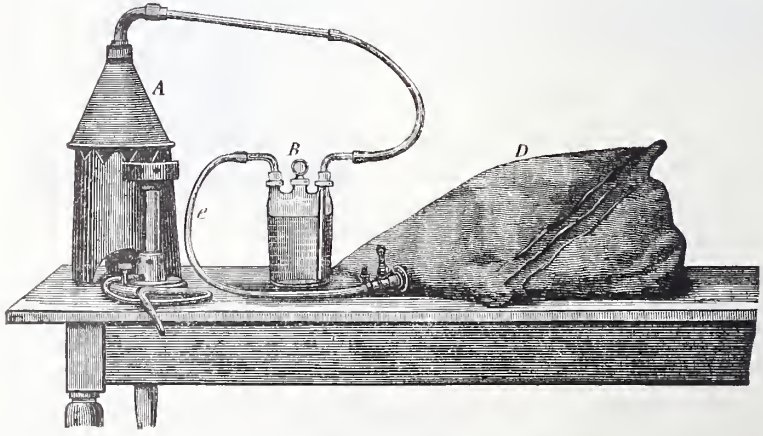


Fig. 179. Sauerstoffbereitung im Kleinen.

entweder auf ein Kohlenfeuer oder auf einen Gasofen gestellt wird, werden etwa 250 *g* kristallisirtes chlorsaures Kali gegeben. Die Retorte wird fest mit einem eisernen Deckel *C* verschraubt, von dem

ein eisernes Rohr *D* abgeht, aus welchem das sich entwickelnde Sauerstoffgas durch Vermittelung des Gummischlauches *E* in die Waschbüchse *F* gelangt und von hier aus, ähnlich wie bei Darstellung des Wasserstoffgases, in den Gassack geleitet wird. In Fig. 179 ist ein etwas einfacherer Apparat zur Darstellung von Sauerstoffgas

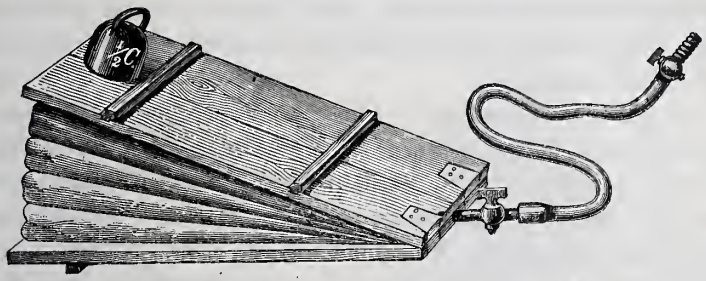


Fig. 180. Gassack mit aufgestelltem Gewichte. (Zu S. 247.)

abgebildet. Das verschliessbare Gefäss *A*, in welches das chlorsaure Kali kommt, ist aus Kupfer dargestellt, während die Waschflasche *B* aus Glas ist. Letzterer Apparat ist nur für kleinere Experimente zu empfehlen. Die Grösse der üblichen Gassäcke schwankt zwischen einem Gehalte von 125 und 250 l. Kleinere Säcke (Fig. 180) genügen für eine Vorlesung von drei Viertel bis einer Stunde, die grösseren Säcke liefern für $1^1/_2$ bis 2 Stunden Gas. Gassäcke, welche lange nicht gebraucht und in kalten Räumen aufbewahrt werden, verhärten und werden brüchig und unbrauchbar. Es ist deshalb gut, solche von Zeit zu Zeit mit lauwarmem Wasser zu füllen. Die Gassäcke sind vornehmlich am Platze, wenn Vorträge nicht in einem ständigen Lokale abgehalten werden. Ist ein bestimmtes Vorlesungslokal vorhanden, so sind Gasometer vorzuziehen, wie wir solche schon im ersten Bande erwähnt haben. Auch wenn Kautschuksäcke nicht zu beschaffen sind, können Metallbehälter mit Vortheil verwendet werden. Solche bestehen aus cylindrisch verlötheten Platten (Fig. 181) und sind nach Art aller Gasometer mit Wasserdruckvorrichtung versehen. Zwei Cylinder *A* und *B* sind in der Weise zusammengefügt, dass der äussere *A* über den inneren, nach oben geschlossenen *B* gleichsam gestülpt ist. Beide Cylinder stehen in einem mit Wasser gefüllten Gefässe *D*. Das Wasser schliesst

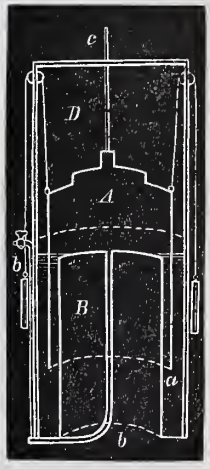


Fig. 181.
Gasometer.

bei *a* den Cylinder *A* ab, welcher durch die über Rollen aufgehängten Gewichte in Schwebe gehalten wird. Durch das Rohr *b* wird das Sauerstoffgas zugelassen, welches den Cylinder *A* bei der Füllung in die Höhe drückt. Ist der Cylinder gefüllt und soll aus demselben das Gas wieder entweichen, so geschieht dieses bei *c*, indem die Gewichtssteine abgehängt werden, der Cylinder *A* durch seine Eigenschwere sich in das Wasser senkt und dadurch das Gas bei *c* sich wieder selbst auspresst.

Um einen Sack von 250 l Inhalt mit Sauerstoffgas zu füllen, ist 1 kg chlorsaures Kali und 1 kg kalcinirtes Manganüberoxyd (Braunstein) nöthig und in diesem Verhältnisse mehr oder weniger in die Retorte zu geben, je nachdem der Verbrauch an Gas solches erheischt. Die Chemikalien müssen, bevor sie in die Retorte kommen, gut und vorsichtig gemischt werden, was am besten auf einem Karton mit Hilfe eines Falzbeines geschieht. Der Deckel *C* (Fig. 178) kann entweder aufgeschraubt oder aufgegypst werden. Letzteres geschieht dadurch, dass man sich einen Gypsbrei mit Wasser anrührt und die Rinne *B* (Fig. 178) mit demselben ausgiesst. Nach etwa einer halben Stunde ist der Gyps gehärtet und bildet einen hermetischen Verschluss der Retorte. Es ist gut, dem Wasser der Reinigungsflasche etwas Pottasche zuzusetzen. Ist Alles so gerichtet, so wird das Feuer unter der Retorte *A* entzündet. Sobald man die Salze brodeln hört, sind solche verflüssigt und die Gasentwickelung beginnt.

Um sich zu überzeugen, ob auch wirklich schon Sauerstoffgas vorhanden ist, hält man ein Stückchen Kohle, etwa ein Zündhölzchen, das noch glüht, an das Rohr bei *D*. Wenn dasselbe sich von selbst durch den Sauerstoffzufluss entzündet, ist der Moment da, das Gas aufzufangen. Etwa nach einer halben bis drei Viertel Stunde hört das Brodeln in der Retorte plötzlich auf, was beweist, dass die Salze keinen Sauerstoff mehr abgeben. In demselben Augenblicke muss der Hahn des Gassackes geschlossen und der Schlauch *E* von dem Rohre *D* (Fig. 178) entfernt werden. Nachdem die Retorte erkaltet ist, wird der Gypsring abgeklopft, der Deckel abgehoben, mittels eines Stückchens Eisenblech der Rest der geschmolzenen Salze ausgekratzt und die betreffende Masse aufgehoben. Bevor man die ganze Operation beginnt, ist es gut, durch das ganze Röhrensystem durchzublasen, um sich zu überzeugen, dass nichts verstopft ist. Bei der Mischung der Salze ist darauf zu achten, dass dieselben keine organischen Stoffe, wie Papierchen, Strohhalme und dergleichen enthalten, da solche zur Flammenbildung im Innern der Retorte Ver-

anlassung geben können. Um den gekörnten Braunstein vor dem Gebrauche zu kalciniren, falls man keinen kalcinirten käuflich findet, legt man denselben in eine Kasserole und erhitzt ihn darin, um demselben möglicherweise anhängende organische Stoffe zu zerstören. Während der Präparation des Sauerstoffgases ist sehr darauf zu achten, dass das Feuer immer gleich bleibe, denn wenn solches nachlässt, kann sich das Gas in der Retorte kondensiren, das Wasser des Waschapparates steigt in die Retorte hinein, wird sofort in Wasserdampf verwandelt und eine Explosion ist unvermeidlich!

Eine grosse Vereinfachung und Zeitersparniss bietet der Ersatz des Wasserstoffgases durch Leuchtgas, falls genügender Gasdruck vorhanden ist. Für diesen Fall hat man nur nöthig, den einen Hahn der Knallgaslampen (Fig. 182 oder 183) mittels eines Kautschukschlauches mit der Gasleitung zu verbinden, während der andere Hahn mit dem Sauerstoffsacke verbunden bleibt. Letzterer, der zwischen zwei durch Scharniere verbundenen Brettern (Fig. 180) hohem Drucke auszusetzen ist, wird am besten unter den Tisch, auf welchem der Projektionsapparat steht, gelegt. Ein Gewicht von 60 bis 100 kg ist nöthig, um dem Sauerstoff genügenden Druck und genügende Ausströmungskraft zu verleihen. Je nachdem man den Sack mehr oder weniger belastet, wird der Sauerstoff mit höherer oder niederer Kraft ausgepresst und dem entsprechend ein stärkeres oder schwächeres Licht erzeugt. Mit einem Gewichte von 80 kg z. B. kann man bei richtiger Regulirung der Hähne mittels eines 250 l fassenden Sackes $1^1/_2$ bis 2 Stunden fortwährend Licht erzeugen.

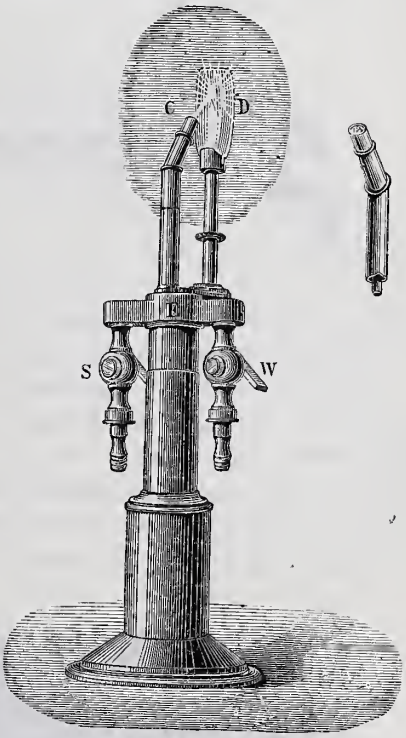


Fig. 182. Einfaches Knallgasgebläse.

Zu den wichtigen Apparattheilen gehören ferner die Brenner. Bei allen Konstruktionen gebietet die Vorsicht, die Gase sich erst im

Momente des Ausstrahlens gegen den Kalkcylinder mischen zu lassen. Dieses wird erreicht, wenn die Gase aus besonderen Behältern durch zwei Leitungsröhren in eine Ausmündungsröhre gelangen, wobei, um das richtige Mischungsverhältniss zu treffen, die Querschnitte der beiden Röhren wie 2 : 1 sich zu verhalten haben. Man nennt diese Vorrichtung das Knallgasgebläse (Fig. 182 u. 183). Man öffnet den Hahn des Wasserstoffgasrohres *W*, oder das zuführende

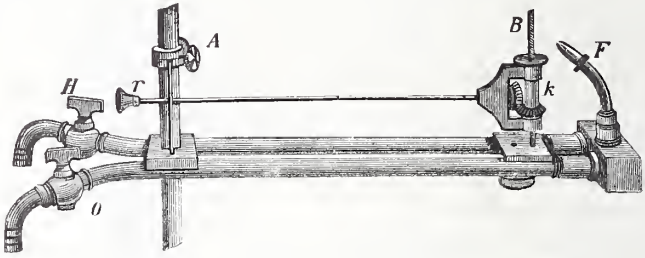


Fig. 183. Knallgasgebläse mit Drehvorrichtung.

Rohr gewöhnlichen Leuchtgases und lässt das Sauerstoffgas *S* erst zuströmen, wenn der Kalkcylinder recht gleichmässig erwärmt ist.

Ein zweites, recht praktisches Knallgasgebläse ist in Fig. 183 abgebildet. Auf den Stift *B* wird der mit einem Loch durchbohrte Kalkcylinder aufgesteckt. An das Verbindungsrohr des Hahnes *O* wird der von dem Sauerstoffsacke kommende Schlauch geschraubt, während der Hahn *H* mit dem Leuchtgasrohre verbunden wird. Bei *A* wird die Vorrichtung auf einen in der Laterna magica oder dem

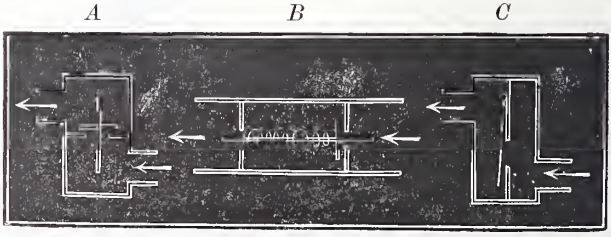


Fig. 184. Sicherheitsventile für Knallgasgebläse.

Projektionsapparate vorhandenen Metallstab gesteckt, um auf- und abgeschoben werden zu können. Bei diesen Brennern mischt sich das Gas kurz vor dem Ausgange aus dem Brenner bei *F*, was eine bedeutendere Leuchtkraft bedingt. Die Kronradvorrichtung *rk* dient dazu, den Kalkcylinder von aussen nach Bedarf, wenn er an einer Seite verbraucht ist, zu verschieben oder auch, was bei manchen Apparaten mittels eines Uhrwerkes zu geschehen pflegt, in beständiger lang-

samer Umdrehung zu erhalten. Eine grosse Sicherheit bieten Ventile (Fig. 184), welche in die Endtheile der zuführenden Gasrohre eingesetzt werden. Derartige Ventile können dreierlei Art sein; das Sicherheitsventil *A* wirkt durch sein eigenes Gewicht, das mittlere *B* durch eine Spiralfeder, während das dritte *C* durch einen elastischen Zug geschlossen wird.

Um eine gleichmässige und richtige Mischung der Gase zu erzielen, sind die Gashähne immer in richtigem Verhältniss, wie schon oben angedeutet, zu stellen (Fig. 182), so, dass immer zwei Mal mehr Wasserstoff- oder Leuchtgas zugelassen wird, als Sauerstoffgas. Besondere Berücksichtigung verdient hierbei das Leuchtgas, nicht nur, weil dasselbe in verschiedenen Städten verschieden stark karbonisirt ist, sondern weil es auch unter verschiedenem Drucke in die Häuser gelangt. Der Leuchtgashahn muss weit gebohrt und so regulirbar sein, dass, was für jeden einzelnen Fall der praktischen Erfahrung anheim zu geben ist, das richtige Verhältniss zwischen Leuchtgas und Sauerstoffgas erreicht wird. Im Allgemeinen gilt die Regel, dass, je kohlenstoffreicher das Leuchtgas ist, desto mehr Sauerstoffgas zugelassen werden muss. (Ueber Distributionshähne s. S. 273.)

Die Cylinder werden entweder aus Kalk geschnitten, oder aus einem Kalkpulvergemische zusammengepresst. Im ersteren Falle werden weisse auserwählte Stücke ungelöschten Kalkes mit einer Feile rund geformt, in der Mitte durchbohrt, auf den Stift *B* (Fig. 183) aufgesteckt und, nachdem einzelne Stellen desselben ausgebrannt sind, gedreht. Bei Anwendung von Leuchtgas ist darauf zu achten, dass die Kalkcylinder nicht geschwärzt werden, was durch eine richtige Mischung der beiden Gasarten erzielt wird. Gepresste Kalkcylinder werden so dargestellt, dass man Kalk und kohlensaure Magnesia in dem Verhältnisse von 4 : 1 in einem Mörser mit Gummischleim verreibt und die teigige Masse so lange knetet, bis sie eine halbfeste Konsistenz angenommen hat. Aus dieser werden die Cylinder gerollt oder gepresst. Sehr geeignet zur Darstellung solcher Cylinder ist auch geglühter Alabaster. Aus Alabaster können mit einem Messer runde Stücke leicht herausgeschnitten werden, die, nachdem sie etwa eine halbe Stunde geglüht sind, an Stelle der Kalkcylinder benutzt werden können. Auch eine Mischung aus Magnesia, Kalk, Chrisolyth und Olivinpulver, in einer hydraulischen Presse fest zusammengedrückt, ist insbesondere für die Alkohol-Brenner sehr geeignet. Ausserdem sind in den jüngsten Jahren kleine durchbohrte Magnesiagriffel als geeignet für die Darstellung des Drummond'schen Kalklichtes

empfohlen worden. Fig. 185 zeigt, von welcher Einfachheit ein mit derartigem Brenner versehener Projektionsapparat dargestellt werden kann. Auch der schon auf Seite 109 der ersten Lieferung

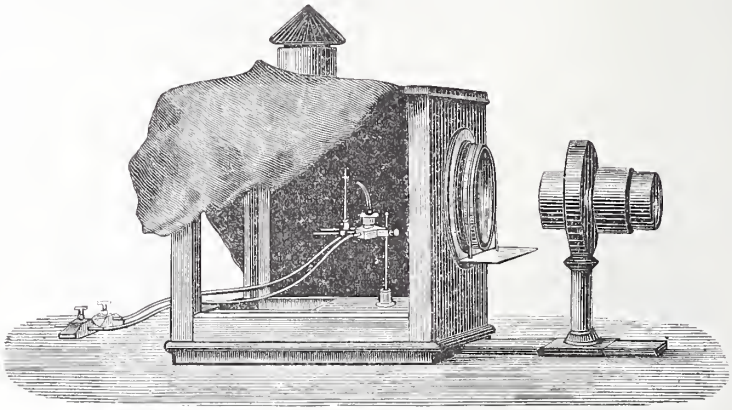


Fig. 185 Magnesiastift-Brenner mit zugehöriger Projektionsvorrichtung.

dieses Buches beschriebene und abgebildete Loenholdt'sche Sauerstoffgasbrenner (Fig. 186) ist wegen seiner Einfachheit für Projektionslampen recht empfehlenswerth. Derselbe wird bei *a* auf eine beliebige Leuchtgaslampe aufgesteckt, während an der Röhre *b* der Schlauch für die Zuführung des Sauerstoffgases angeheftet wird. Mittels des gebogenen Röhrchens *d* wird das Sauerstoffgas inmitten der Leuchtgasröhre nach oben geführt. Ueber diesem Sauerstoffleuchtgasbrenner ist an dem Bügel *g g'* ein Halter *f* angebracht, in welchem der präparirte Kalkstift *e* mittels einer federnden Hülse in der Weise befestigt ist, dass man ihn allmählich verschieben kann. Einen praktischen Kalklichtbrenner für gemischte Gase hat auch E. Liesegang in Düsseldorf angegeben (Fig. 187), bei welchem der Kalkcylinder sehr breit gehalten ist und nicht auf seiner Cylinderfläche, sondern auf seiner Schnittfläche zum Glühen gebracht wird. Eine weitere Form eines Cylinderbrenners, wie solche in Amerika vielfach im Gebrauche sind, ist in Fig. 188 u. 189 zu sehen. Derselbe ist für den Gebrauch im Skioptikon von L. Marcy in Philadelphia an-

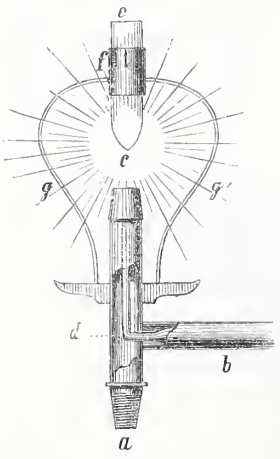


Fig 186. Loenholdt'scher Brenner.

gegeben. In den durchbohrten hölzernen Boden *B* dieses Brenners gehen bei *H* die beiden Gasröhren mit den entsprechenden Hähnen

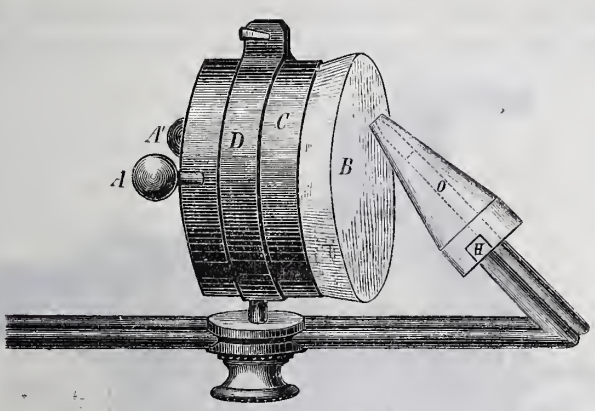


Fig. 187. Plattenförmiges Knallgasgebläse nach Liesegang.

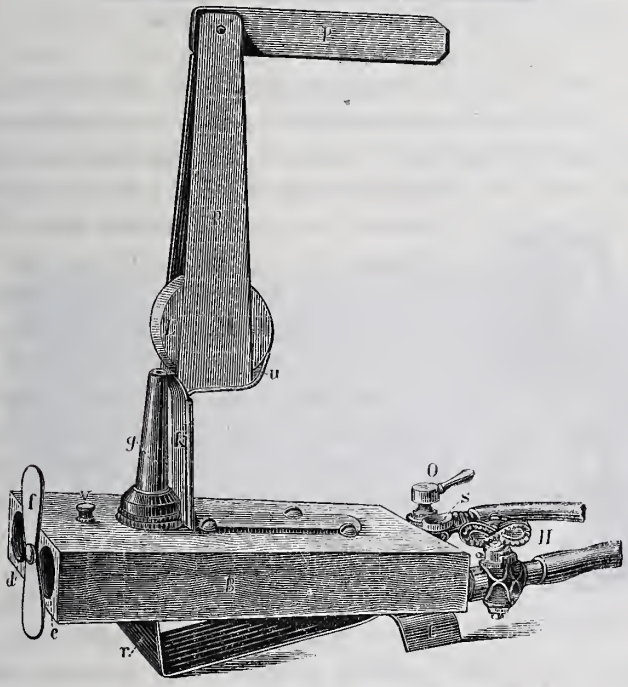


Fig. 188. Knallgasgebläse mit drehbarer Kalkscheibe nach Marcy.

O und *H* hinein. Dieselben sind schon äusserlich von einander so gekennzeichnet, dass sie nicht verwechselt werden können. Mittels der Schraube *s* werden die beiden Hähne je nach Bedarf gehoben

oder gesenkt. Dieselben führen zu dem Brenner *g*. Es sind deren drei vorhanden, je nachdem man Leuchtgas und Sauerstoffgas, Wasserstoffgas und Sauerstoffgas oder Alkohol und Sauerstoffgas benutzen will. Die beiden nicht gebrauchten Brenner liegen in den Oeffnungen

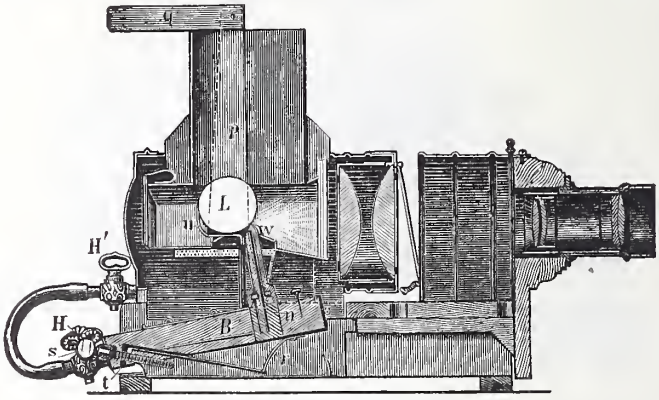


Fig. 189. Skioptikon mit Knallgasgebläse.

d und *e*. Bei *v* ist ein Reinigungsdrähtchen für den Brenner eingesteckt. Die entzündeten Gase erglühen die in der Vorrichtung *kup* leicht drehbare Kalkscheibe *L*, die durch Abrücken der Feder *u* herausgenommen und durch eine neue Scheibe nach eventuellem Zerspringen sofort ersetzt werden kann. Die Vorrichtung *r t*, welche hoch und tief gestellt werden kann, dient dazu, in geeigneter Weise den ganzen Brenner in einem Skioptikon anzubringen, wie aus Fig. 189 ersichtlich.

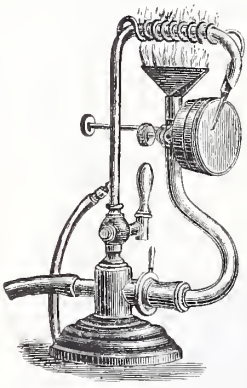


Fig. 190. Knallgasgebläse mit atmosphärischer Luft.

Man hat auch unter dem Namen Pyrohydrogenlampe ein Drummond'sches Kalklicht dadurch zu erzeugen gesucht, dass man einer Wasserstoffgasflamme erhitzte atmosphärische Luft zuführte (Fig. 190) und die brennende Gasflamme in der Weise, wie in Fig. 187) dargestellt, auf eine Kalkfläche aufstrahlen liess, die ebenso wie alle anderen Kalkbrenner zur Gluth gebracht wurde. Diese Methode jedoch erzeugt ein für grössere Projektionszwecke viel zu schwaches Licht. Möglicherweise aber dürfte die Erhitzungsvorrichtung für das Gasgemische insofern vortheilhaft sein, als eine Abkühlung der Flamme durch Zuführung von zu kaltem Sauerstoffgas vermieden wird.

In vielen grossen Städten Amerikas, ebenso wie in Paris und auch in Deutschland an manchen Orten erhält man kondensirte Gase in Eisenblechbüchsen. Ja in Amerika wird sogar komprimirtes Wasserstoff- und Sauerstoffgas separat in durch eine Scheidewand getrennten Büchsen verkauft, die einen Druck von 100 bis 200 Kilo pro Quadrat-Zoll aushalten. Eine solche Büchse für komprimirten Sauerstoff ist in Fig. 191 abgebildet; in Fig. 192 ist dieselbe im Durchschnitt zu sehen. Verhältnissmässig kleine Gasbehälter können

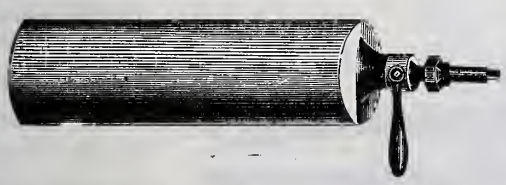


Fig. 191. Gusseiserner Cylinder für komprimirten Sauerstoff.

auf diese Weise ca. 400 l gewöhnliches Gas in komprimirtem Zustande fassen. Das in solche Cylinder eingeschlossene Gas steht unter einem Druck von 11 Atmosphären. Jeder Cylinder (Fig. 192) trägt ein durch einen Hahn verschliessbares Abzugsrohr. *E* ist der aus Schmiedeeisen bereiteter Cylinder, *F* ein starker Hahn, *G* ein Regulator, welcher in dem Theile *S M B* der Figur 192 vergrössert gezeichnet ist. Derselbe wird durch eine centrale in der Mitte durch-

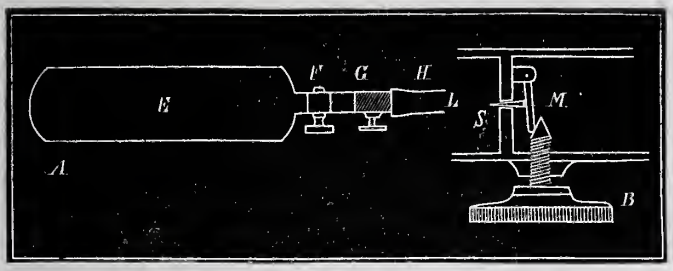


Fig. 192. Cylinder zur Kompression des Sauerstoffes.

bohrte Scheibe gebildet; durch das Bohrloch geht ein Schliess-Stift *S*, welcher durch die Mikrometerschraube *M* um ein Minimum geöffnet werden kann, so dass man das komprimirte Gas bei *L* allmählich ausströmen lassen kann. Der Stift muss, um leichte Oxydation zu vermeiden, von Platina oder Gold angefertigt sein.

Das in derartigen Kompressionscylindern aufbewahrte Gas kann man entweder direkt durch einen Schlauch in die Flamme des Knallgasbrenners ausströmen lassen oder man füllt erst mit demselben

irgend einen Gassack, der alsdann in der oben geschilderten Weise Verwendung findet.

Ueberall da, wo weder Gasbeleuchtung vorhanden ist, noch man die unter Umständen gefährliche Wasserstoff-Sauerstoffflamme benutzen will, empfiehlt sich die Alkoholflamme (Fig. 193). *R* ist ein Alkoholreservoir, aus welchem durch eine Röhre der Alkohol nach dem Dochte *D* fliesst. Eine zweite Röhre *A B* ist unter der ersten angebracht. Bei *B* strömt Sauerstoffgas aus, welches bei *A* aus dem Gassacke eintritt und durch den Hahn *H* regulirt wird. Der Kalkcylinder — von den Eigenschaften des letzteren ist oben die Rede gewesen — wird bei *S* auf ein hoch und tief zu stellendes, drehbares Säulchen aufgesetzt. Die Weingeistflamme *D* wird durch den Druck des Sauerstoffs auf den Kalkcylinder *O* geleitet; letzterer, zur Weissgluth gebracht, strahlt ein sehr helles, gleichmässiges und für Projektionszwecke recht wirksames Licht aus.

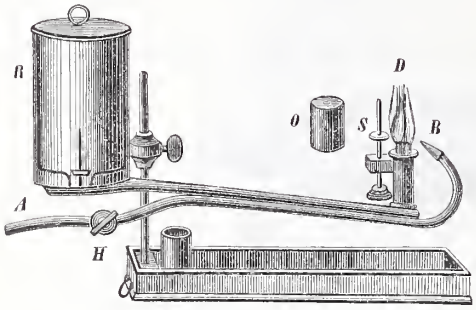


Fig. 193. Knallgasgebläse mit Alkohollampe.

d) DAS ELEKTRISCHE LICHT ZU PROJEKTIONSZWECKEN.

Für Projektionszwecke wird man sich, falls elektrisches Licht gewünscht wird, in erster Linie des Batteriestromes bedienen, in zweiter Linie, nämlich in grossen physikalischen und physiologischen Lehrinstituten, woselbst eine Betriebskraft ad hoc, z. B. ein Gasmotor, vorhanden ist, des durch eine Dynamomaschine zu erzeugenden elektrischen Stromes. Wir haben schon im ersten Bande dieses Werkes Seite 118 bis 152 in möglichst ausführlicher Weise diese beiden Gattungen von Elektrizitätserzeugung eingehend besprochen, können daher auch an dieser Stelle auf jene Behandlung des Gegenstandes verweisen und uns hier ausschliesslich auf die Spezialapparate beschränken, welche für die Erzeugung des elektrischen Lichtes zu Projektionszwecken dienlich sind. Hier kommt als Erforderniss in Betracht, dass der Lichtpunkt immer im Centrum der Projektionslaterne und gleichzeitig im Fokus der Kondensatoren (vgl. Seite 231) sich befinde. Dieses wird entweder durch automatische oder Handregulatoren erzielt. Ein besonders geeignetes Verfahren bieten

die sogenannten Halbglühlichtlampen, bei denen die eine Kohle durch einen nicht verbrennenden Körper ersetzt wird, ähnlich wie wir das im allgemeinen Theile dieses Buches Band I, Seite 148 beschrieben und abgebildet haben. Für elektrisches Projektionslicht ist die auf dieses Prinzip gestützte amerikanische Edgerton-Lampe recht empfehlenswerth. Dieser höchst einfache, in Fig. 194 abgebildete Apparat wird speziell für Skioptikons gebaut. Solcher besteht aus einem kräftigen Fusse und einem Obertheile, in welchem ein Uhrwerk zum gleichmässigen Herunterlassen der Kohle *e* enthalten ist. *i* ist ein von unten durch die Schraube *f* verstellbarer Iridiumstift, welcher nur äusserst wenig von der durch den elektrischen Strom erzeugten Hitze angegriffen wird; *r* ist ein kleiner Reflektor, bei *i* werden die Kohlendochte eingeschoben, bei *n* gelangen die beiden Leitungen zur Lampe, die eine geht zu dem Iridiumstift durch eine isolirende Hülse, die andere durch den Stab *s* nach dem Uhrwerk und der Kohle. Diese Lampe soll ein äusserst regelmässiges und vortreffliches Licht geben. Dieselbe ist so gebaut, dass die Fläche *a b* das Skioptikon abschliesst und der Cylinder *a v w b* dem äusserlichen Ansehen nach dem Rauchfange des Skioptikons gleicht.

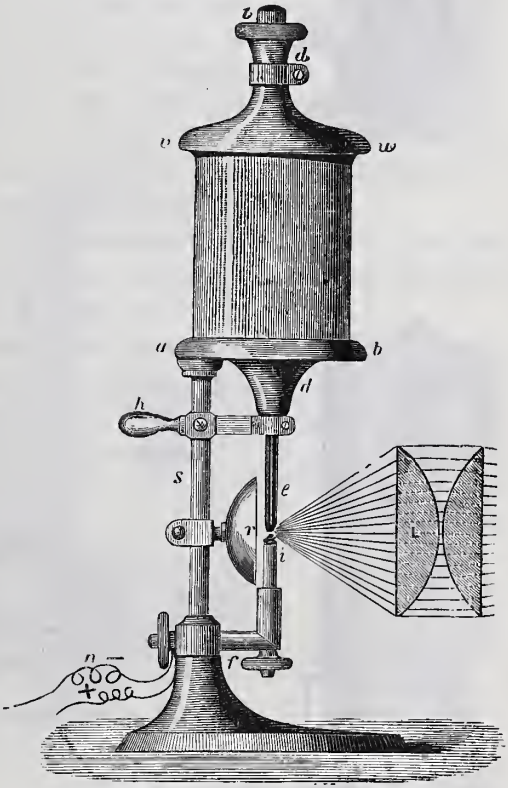


Fig. 194. Elektrische Lampe für das Skioptikon.

Zur Erzeugung von Projektionsbildern mittels elektrischen Lichtes kann übrigens, da dasselbe, wenn richtig gehandhabt, feuersicher ist, ein jeder kubische oder rechteckige Holzkasten, Fig. 196, oder eine ganz gewöhnliche hohe Blechlaterne, Fig. 195, verwendet werden.

Ein selbst regulirender oder mit Handregulator versehener Ständer für das elektrische Licht wird in den Innenraum der Laterne so gestellt, dass das Licht der beiden Kohlenspitzen gerade im Centrum der hinter dem Objektive anzubringenden Kondensatoren (vgl. S. 231) sich befindet. Da eine jede gute elektrische Bogenlampe so eingerichtet sein muss, dass die beiden Kohlenstifte wie 1 : 2, da sie in einem derartigen Verhältnisse abbrennen, vorgerückt werden, bleibt immer der elektrische Lichtpunkt im Centrum des Objektivs. Für alle Fälle jedoch muss die eine Seite der Laterne leicht zugänglich, bei dem Gebrauche aber mit einem lichtdichten schwarzen Tuche verhängt sein, um Unregelmässigkeiten im Abbrennen der Stifte durch Nachhelfen mit der Hand ordnen zu können.

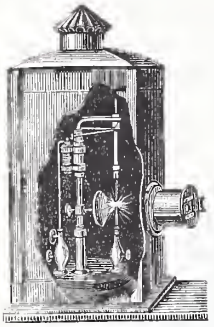


Fig. 195. Einfache elektrische Projektionslampe.

Um allen diesen Missständen der elektrischen Regulatorlampen zu begegnen, habe ich mir für mein Skioptikon (Pinakoskop von J. Ganz & Co.) eine grosse 200 kerzige Bernstein-Glühlichtlampe (Fig. 197) (vgl.

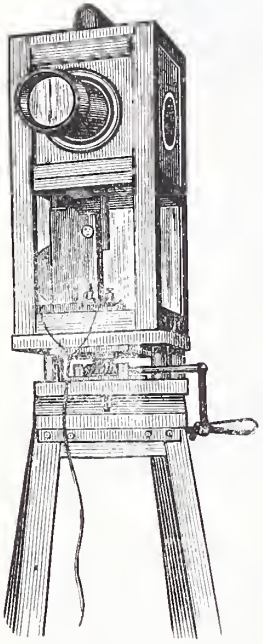


Fig. 196. Elektrische Bühnen-Projektionslampe.

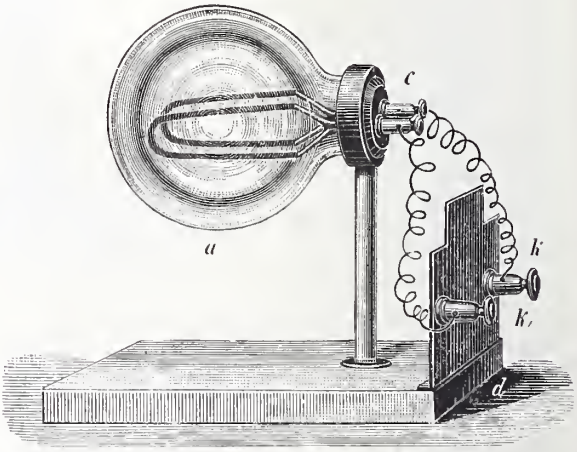


Fig. 197. Elektrische Glühlampe für das Skioptikon.

Band I, Seite 150) anfertigen lassen, welche in einfachster Weise nach Herausziehen der Petroleumlampe an deren Stelle eingeschoben wird und mittels 48 der im ersten Bande beschriebenen Grove-

Elemente ein ganz vorzügliches regelmässiges Licht für Projektionsbilder abgiebt, so dass letztere von einem sehr grossen Auditorium in vortrefflicher Klarheit gesehen werden können. Dass eine derartige Lampe ganz besonders da am Platze ist, wo überhaupt elektrische Glühlicht-Beleuchtung vorhanden, ist klar. Dieselbe hat eine Spannung von 100 Volts und da die meisten Glühlichtlampen für gewöhnliche Beleuchtungen, z. B. die Edisonlampen, eine gleiche Spannung, um zu voller Lichtkraft zu kommen, benöthigen, so kann meine Projektions-Glühlampe in den bei Beleuchtungsinstallationen, wie solche neuerdings in mehreren wissenschaftlichen Instituten vorhanden sind, üblichen Stromkreis leicht eingeschaltet werden.

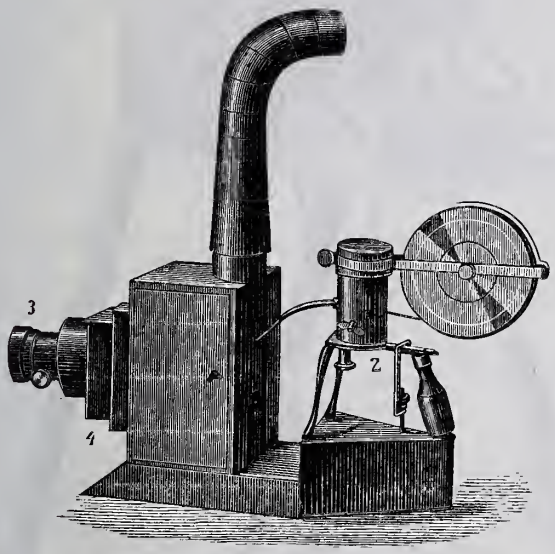


Fig. 198. Projektionsapparat mit Magnesiumlampe.

Von sonstigen Lichtquellen, die im ersten Bande dieses Werkes besprochen sind, käme nur noch das Magnesiumlicht in Betracht. Man hat, wie Fig. 198 zeigt, auch Magnesiumlampen für Projektionszwecke benutzt, dieselben eignen sich jedoch weniger für praktische Verwendung, sowohl infolge des Umstandes, dass der Magnesiumrauch durch eine besondere Leitung ins Freie geführt werden müsste, um im Zuhörerraum nicht lästig zu werden, als auch weil es bis jetzt noch keine Magnesiumlampen giebt, welche eine sichere Regulirung und in Folge dessen eine wirkliche Konstanz des Lichtes gestatteten.

e) PROJEKTIONSAPPARATE FÜR SPEZIELLE UNTERHALTUNGS-ZWECKE.

1. PROJEKTIONSAPPARATE FÜR NEBELBILDER.

Wie aus dem Vorangehenden ersichtlich, ist das Skioptikon die heutzutage auch für wissenschaftliche Zwecke am meisten in Ver-

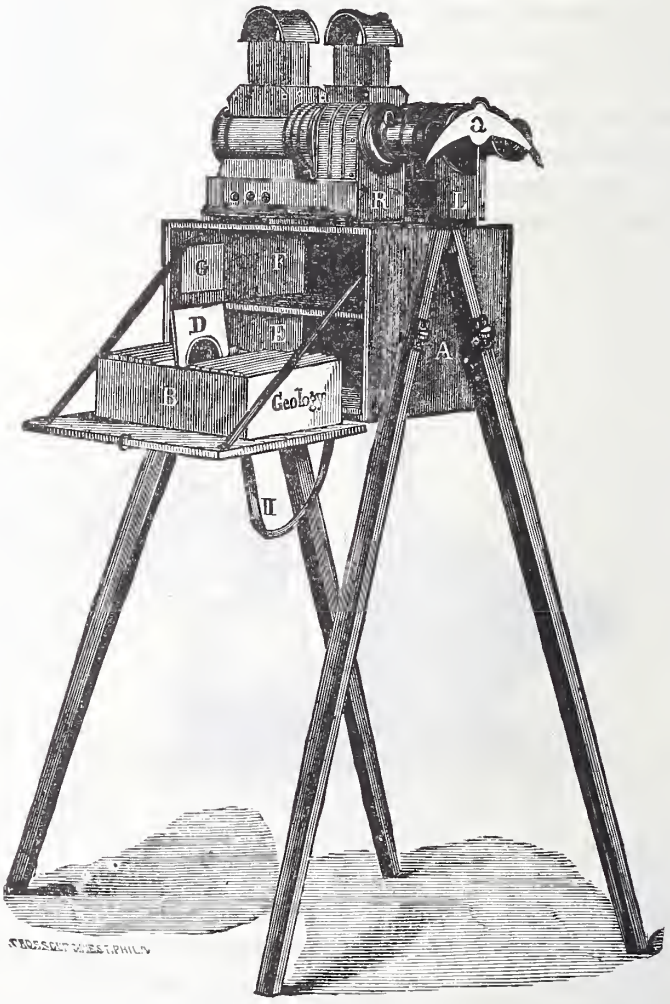


Fig. 199. Skioptikon für Doppelbilder.

wendung kommende Projektionslampe; solche Lampen wurden zum Zwecke der Darstellung von sogenannten Nebelbildern auch in doppelter Form gebraucht, wie aus unserer Figur 199 ersichtlich. Stativ, Apparat und Bilderkasten können in der kleinen Kiste *A* mit Leichtigkeit transportirt werden. *R L* sind die beiden Lampen, *B*

ein Kästchen mit transparenten Glasbildern, *EF* die Räume zur Aufbewahrung der Apparate, *H* ein Tragriemen und *a* eine Vorrichtung, abwechselnd die Bilder auf der weissen Wand des Auditoriums zur Erscheinung zu bringen resp. in einander übergehen zu lassen, um die aus öffentlichen Schaustellungen bekannten sogenannten Nebelbilder zu erzeugen. Unter dem Begriff „Nebelbilder" versteht man jene Art der Projektionsdarstellung, bei welcher das Bild der einen von zwei Projektionslaternen auf die weisse Wand geworfen wird, während man in die zweite Laterne entweder kleinere

Fig. 200. Beispiel eines zur Darstellung von Nebelbildern geeigneten Objektes.

auf Glas gemalte Abbildungen bringt, die auf das Bild der ersten Laterne aufgeworfen werden sollen, um auf dem betreffenden feststehenden Bilde ein bewegliches Bild, etwa irgend eines auch in der Wirklichkeit sich bewegenden Gegenstandes zu zeigen oder gleich grosse Bilder, welche erscheinen, während das Bild der ersten Laterne verschwindet. Nehmen wir an, wir wünschten bei dem ethnologischen Unterrichte dem Auditorium eine Elephantenjagd in einer afrikanischen Landschaft vorzuführen. Zu diesem Behufe wird zuerst das ruhige Bild (Fig. 200) der Landschaft in die eine Projektionslampe eingeschoben und auf die weisse Wand projicirt. Hierauf wird in die

säure oder Eisenvitriollösung mit einigen Tropfen Silberlösung. Man übergiesse mit dieser Mischung das gewonnene Bild, welches rasch nachdunkelt; sobald man die gewünschte Kraft erlangt hat, unterbricht man die Nachwirkung durch rasches Abspülen mit Wasser, um die

SIEBENTE OPERATION,
FIXIREN DES NEGAVIVES,

vorzunehmen. Letzteres geschieht am einfachsteen dadurch, dass man die Platte, nachdem man sie auf der Rückseite durch Abwischen gereinigt hat, in eine Wanne mit Fixirungsflüssigkeit legt oder so lange mit letzterer übergiesst, bis die letzten weisslichen Spuren von Jod- und Bromsilber gelöst sind (Fig. 263); ist dieses Stadium erreicht, so spült man die Platte auf beiden Seiten reichlich mit Wasser ab und stellt sie zum Trocknen auf reines Fliesspapier beiseite. Das spätere Verstärken mittels Quecksilberchlorids (vgl. S. 247) ist in seltenen Fällen von Nöthen und sollte, da es Härten in den Halbtönen hervorruft, nur bei linienartigen Reproduktionen vorgenommen werden; aber auch in diesem Falle ist kräftig mit Wasser nachzuspülen, bevor man das Negativs trocknet, welche Thätigkeit die

ACHTE OPERATION,
DAS LACKIREN

des Bildes einleitet. Man trockne die Platte entweder an gelindem Ofenfeuer oder durch rasches Hin- und Herbewegen über einer Spiritusflamme, erhitze nicht zu stark, damit das Kollodiumhäutchen nicht einreise und vergesse nicht, dass die Bildfläche stets nach oben gehalten werden muss. Ist die Flüssigkeit vollkommen verdunstet und die Platte so warm, dass der auf die Rückseite aufgelegte Finger die Wärme noch ertragen kann, so giesse man einen Laek, gerade wie das Kollodium auf und lasse das Ueberfliessende in das Glas zurück gelangen. Enstehen weissliche Stellen beim Lackiren, so erwärme man wiederholt vorsichtig und die Trübung wird verschwinden. Man stelle die Platte zum Trocknen beiseite, um sie später zum Positivprozess weiter zu verwenden.

5. DAS TROCKENPLATTEN-VERFAHREN.

Der Negativprozess, wie wir ihn im vorigen Paragraphen geschildert haben, reicht zwar zur Ausübung aller mikrophotographischen Aufgaben hin, allein die Beschaffung eines dunkelen Raumes einerseits, sowie das Mitführen der Chemikalien auf Reisen

andererseits, hat vielfach zu dem Wunsche geführt, trockene Platten zur Aufnahme der Negative zu verwenden. Die nach oben geschilderter Weise angefertigten feuchten Negativ-Kollodiumplatten verlieren getrocknet ihre Lichtempfindlichkeit; es wurden daher mannigfache Konservirungsmethoden von den verschiedensten Forschern angegeben und fehlte es früher in fast keiner photographischen Zeitschrift an neuen bezüglichen Vorschlägen. Die Methoden von Spiller und Crookes, Hardwich, Taupenot, England, Major Russel, Fothergill, Schnauss, Wilde und vielen Anderen sind darauf begründet, Tannin, Glycerin, Eiweiss, Gallussäure, gewisse Harze oder Zuckerstoffe zur Konservirung der empfindlichen Platten zu verwenden, jedoch konnten alle sich nicht dauernd in die Praxis des Photographen einbürgern.

Die Erfindung des äusserst zuverlässigen und in seiner Behandlungsweise so sehr bequemen Bromsilbergelatine-Trockenverfahrens kommt, wie schon oben erwähnt, in erster Linie dem wissenschaftlichen Photographen zu gute. Aller in den vorangehenden Praagraphen geschilderten Präparirmethoden der Platten ist er dadurch enthoben, dass zuverlässige Trockenplatten zu verhältnissmässig billigen Preisen bei fast allen mit photographischen Artikeln Handel treibenden Firmen stets in den verschiedensten Formaten zu haben sind und, wenn lichtdicht und an trockenen Orten aufbewahrt, mehrere Monate ihre hohe Lichtempfindlichkeit behalten. Ich übergehe an dieser Stelle die Lehre von der technischen Darstellung dieses vortrefflichen photographischen Hilfsmittels, da wohl kaum irgend ein Mikroskopiker seine Trockenplatten sich selbst anfertigen dürfte, auch ist ein solches Verfahren überhaupt insofern unthunlich, als die Darstellung der Trockenplatten besondere technische Einrichtungen und minutiöse Vorsicht erheischt, wie solche nur in den zu diesem Zwecke eingerichteten Fabriken eingehalten werden kann. Trockenplatten dürfen nur bei dunkelrothem Lichte in die Kassette eingelegt werden. Es ist sehr praktisch, mehrere gleichartige Kassetten zum Arbeiten mit Trockenplatten vorräthig zu halten, um stets eine grössere Anzahl von Platten in dieselben einlegen zu können. Der für solche Zwecke geeignetste Apparat ist die Doppelkassette (Figur 264). Eine solche (vgl. Lief. 1 S. 45) besteht

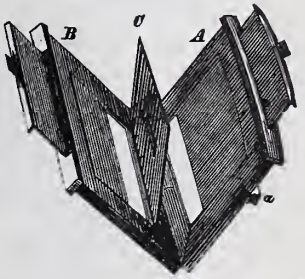


Fig. 264. Doppelkassette.

diesem Behufe müssen selbstverständlich die Objektive ganz genau dieselbe Oeffnung und dieselbe Brennweite haben. In unserer Fig. 203 haben wir schematisch, jedoch etwas übertrieben, um dieses Erforderniss besser zur Anschauung zu bringen, dargestellt, in welcher Weise man dies bei übereinanderstehenden Laternen, die nicht zusammenhängend gebaut sind, wie diejenigen in Fig. 201 und 202, erreicht. Bei den zu obigem speciellen Zwecke eingerichteten zusammengebauten Laternen (Fig. 201 und 202) ist an den Objektiven selbst ein Mechanismus angebracht, durch welchen es ermöglicht wird, den Gang der Lichtstrahlen der drei bezw. zwei Objektive nach Belieben zu dirigiren. In Fig. 204 sehen wir die Stellung für zwei neben einander, auf dem Brette *C D*

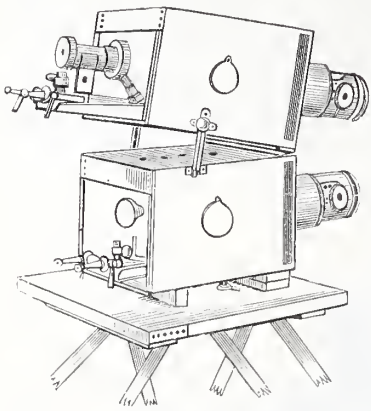


Fig. 203. Das Richten über einander stehender Doppel-Projektionsapparate.

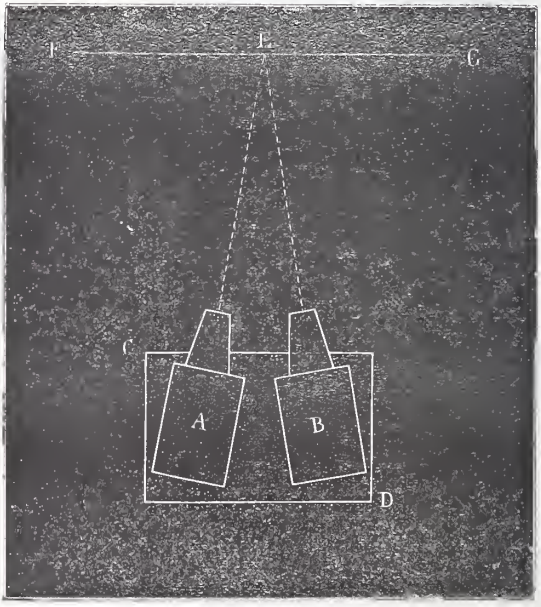


Fig. 204. Strahlenrichtung neben einanderstehender Doppel-Projektionsapparate.

stehende Apparate *A* und *B*, deren Bilder auf der Wand *F G* in *E* sich decken würden.

2. PROJEKTIONSAPPARAT FÜR PHANTASMAGORIEN.

Noch vor wenigen Jahren wurden die sogenannten Phantasmagorien vielfach bewundert. Derartige Projektionsdarstellungen machen, insbesondere in kleinen Kreisen, einen recht schauerlichen Effekt. Sie bestehen darin, dass die auf die weisse Wand geworfenen Bilder allmählich wachsen; dies wird dadurch erreicht, dass eine Laterna magica oder die zu Nebelbildern benutzte Doppellaterne auf ein mit Gummirädern versehenes Gestell (Fig. 205) gebracht wird, das sich allmählich von der weissen Wand entfernt, wodurch die Bilder, die durch gleichzeitiges Reguliren an der Einstellschraube immer scharf bleiben, fortwährend anwachsen. Der optische Eindruck dieses Anwachsens oder, bei umgekehrter Bewegung der Laterne, des Abschwellens der Bilder ist gleichsam ein Heraustreten derselben in den Zuschauerraum bzw. ein Zurücktreten derselben hinter die Leinwand. Mit dem Annähern der Bilder an die Zuschauer lässt man gleichzeitig durch eine weiter oder enger zu stellende Lichtspalte die Beleuchtung anwachsen oder abschwellen. Für derartige Darstellungen eignen sich am Besten helle Figuren auf dunklem Grunde. Die Kunst der Phantasmagorie besteht demnach in gleichzeitiger Ausübung von drei Bewegungen: Der Bewegung des Gesammtapparates, des Einstellens der Linsen und des Regulirens des Lichtes durch Enger- und Weiterstellen der in die Austrittsstelle des Lichtkegels zu bringenden Diaphragmen.

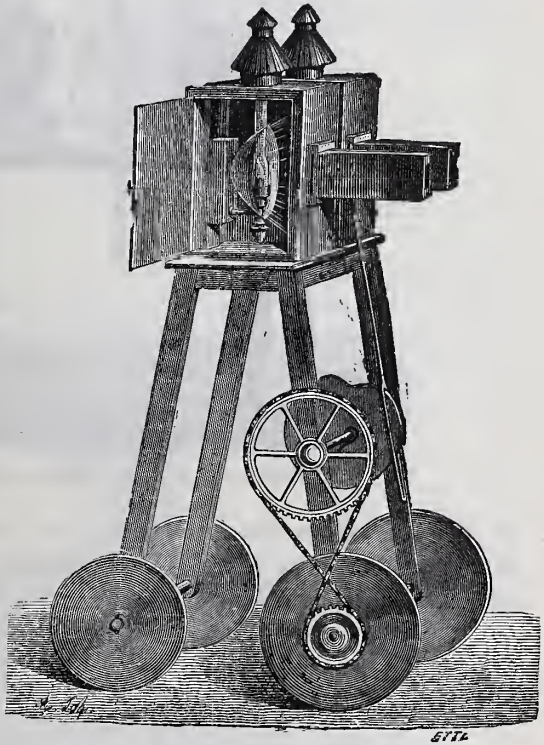


Fig. 205. Gestell zur Phantasmagorie.

3. PROJEKTIONSAPPARAT FÜR DURCHSICHTIGE KÖRPERLICHE GEGENSTÄNDE.

Um körperliche Gegenstände auf die weisse Wand des Auditoriums zu projiziren, ist, falls dieselben durchsichtig sind, die von Stöhrer in Leipzig angegebene, in Fig. 206 abgebildete Vorrichtung am geeignetsten. Laterne und Objektiv sind getrennt auf einem Schlittengestell verschiebbar, zwischen dessen Backen sie hin- und

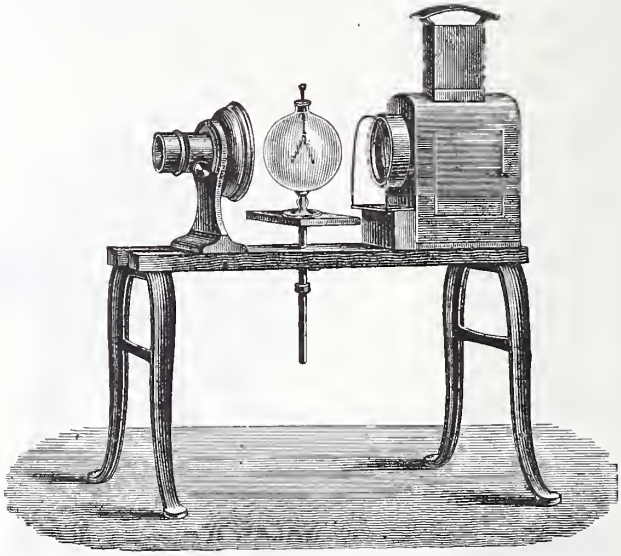


Fig. 206. Projektionsapparat für durchsichtige körperliche Gegenstände.

her bewegt werden können. Das an die Wand zu projizirende Objekt (vornehmlich in Thätigkeit befindliche physikalische Apparate, auf deren einzelne Konstruktionen wir noch zurückkommen werden) wird zwischen das Objektiv und die weit davon abstehenden Kondensatoren der Camera gestellt. Die übrigen Einrichtungen entsprechen den bekannten Konstruktionen.

4. PROJEKTIONSAPPARATE FÜR OPAKE KÖRPERLICHE GEGENSTÄNDE.

Zur Projektion undurchsichtiger Gegenstände dient der sogenannte Opakapparat (Megaskop), in Deutschland auch oft mit dem sonderbaren Namen der „Wundercamera“ bezeichnet. Dieser Apparat, in Form der in Fig. 207 ersichtlichen Vorrichtung seit Beginn unseres Jahrhunderts bekannt, war von Charles in seinen Grundformen schon konstruirt worden. Es wurde hierzu ein einfenstriges Zimmer benutzt, dessen Fenster durch ein Brett *s* verschlossen war, an das sich nach aussen ein rechtwinklig aufstehendes Brett *r r* an-

schloss. In der Mitte des Fensterbrettes s war die Objektivlinse t eingeschraubt; das Objekt selbst, z. B. eine Statuette, befindet sich vor dem Fenster auf dem Brette r in a. Dieses Objekt wurde durch Sonnenlicht oder durch von einer hellen Wolke reflektirtes Licht vermittels des drehbaren Heliostaten m beleuchtet. Das umgekehrte Bild des Gegenstandes fällt nun in dem Zimmer auf die weisse Wand e, auf welcher man solches leicht nachzeichnen kann, was der Zweck dieses Apparatenkomplexes war.

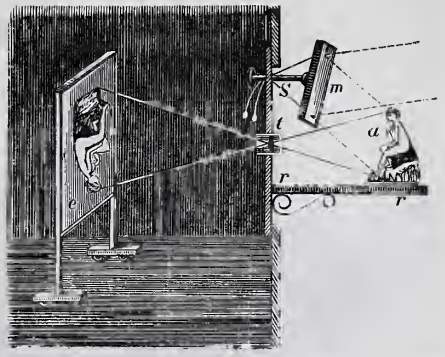


Fig. 207. Projektion undurchsichtiger körperlicher Gegenstände.

Durch ein hinter der Projektionslinse t anzubringendes total reflektirendes Prisma ist es auch möglich, die Figuren in gerader Stellung zu erhalten. Heutzutage erzeugt man die Projektionsbilder körperlicher undurchsichtiger Gegenstände durch die Kombination einer Beleuchtungslaterne und einer Camera, wie aus Fig. 208 er-

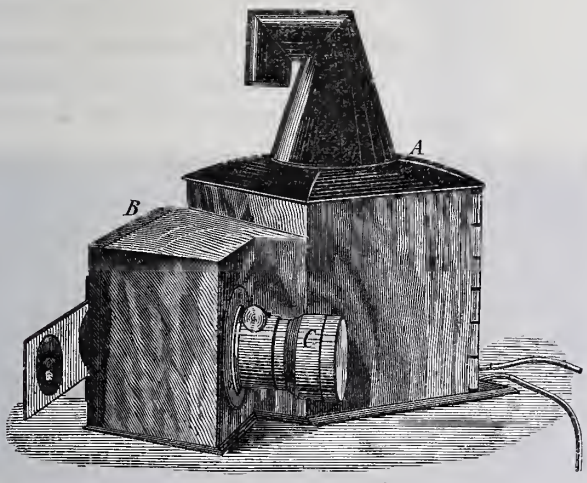


Fig. 208. Megaskop oder Wundercamera.

sichtlich. Der hintere grössere Apparat A enthält die Lichtquelle (Petroleumlicht, elektrisches Licht oder Kalklicht), deren Strahlen in einem Winkel von 45 Graden auf das an der Hinterwand der zweiten Camera B befestigte Objekt fallen. Das lichtstarke Objektiv C wirft

die auf solche Weise beleuchteten Bilder stark vergrössert auf die weisse Wand. Selbstverständlich müssen, um einen guten Effekt zu erzielen, undurchsichtige Bilder sehr grell beleuchtet sein. In recht einfacher Weise erzielt man diesen Effekt durch einen eigenthümlichen Vorbau aus Blech, wie solchen die Firma J. Ganz & Co. in Zürich liefert. Derselbe wird an die in Fig. 209 abgebildete Laterna magica, sei es ein Skioptikon, sei es ein solches Instrument anderer Konstruktion, angeschraubt. Bei *A* befindet sich der Beleuchtungsapparat, bei *B* die Dunkelkammer; *C* Rückwand der letzteren, an welcher die undurchsichtigen Bilder angebracht oder körperliche Gegenstände aufgehängt werden; *D* ist das zugehörige Objektiv. Die Bilder fallen demnach in der Richtung des Pfeiles *b* auf die weisse Wand des

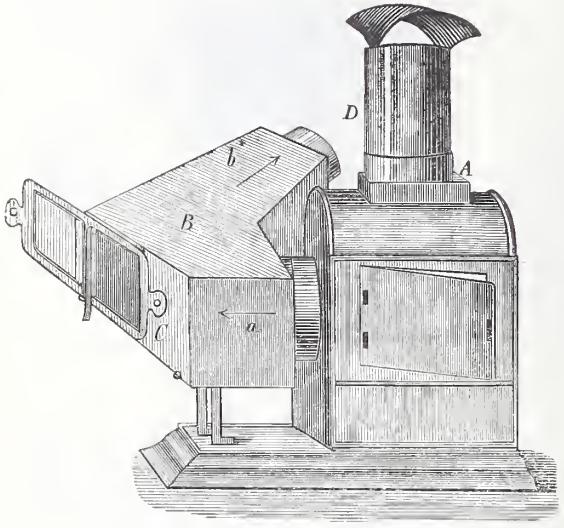


Fig. 209 Wundercamera von J. Ganz.

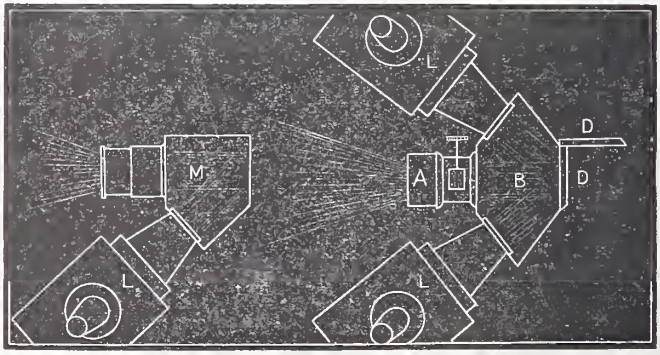


Fig. 210. Theorie der Beleuchtungsmethode beim Megaskop.
(L L L Lichtquellen, M und B Cameras mit A dem Objektiv.)

Auditoriums, während dem Apparate selbst die Richtung des Pfeiles *a* gegeben werden muss. In Fig. 210 ist links diese Vorrichtung im Grundriss, rechts mit zwei Beleuchtungslaternen versehen abgebildet;

letztere dienen dazu, um eine intensivere Helligkeit auf den dunklen Gegenstand zu werfen. Ist das Licht genügend intensiv, so kann

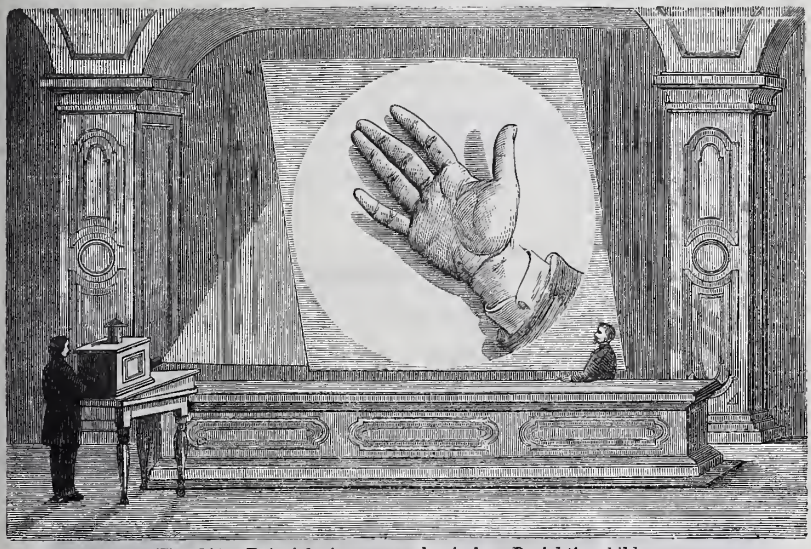


Fig. 211. Beispiel eines megaskopischen Projektionsbildes.

man mit Leichtigkeit lebende Organismen, in Bewegung befindliche Apparate, Instrumente, mechanische Kunstwerke, anatomische Präparate, überhaupt alles Greifbare in die geschilderte Camera bringen, um das dem Leben vollkommen entsprechende Bild in ungemeiner Vergrösserung auf die weisse Wand zu werfen, gewiss eine der besten Methoden des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Als Beispiel möge die in Fig. 211 abgebildete Hand des Experimentators dienen, welche derselbe an die Stelle *B* des Apparates (Fig. 210) gebracht hat und die, mittels elektrischen Lichtes beleuchtet, in der ersichtlichen kolossalen Vergrösserung an der Wand des Auditoriums er-

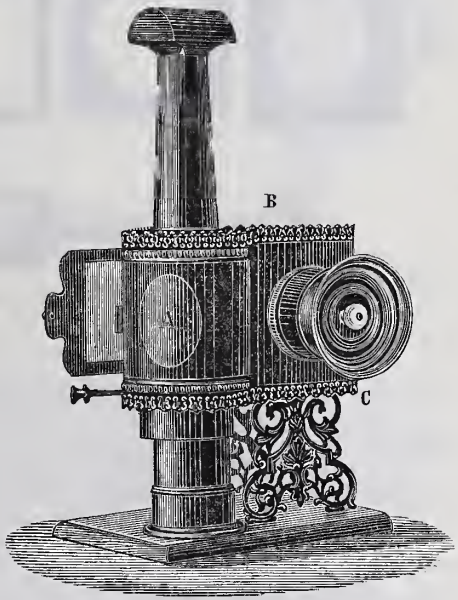


Fig. 212. Kleiner Opakapparat von J. Ganz.

scheint. Ein kompendiöser Opakapparat, wie solchen die Firma Ganz & Co. ebenfalls liefert, ist in Fig. 212 abgebildet. Das Licht befindet sich in der Kapsel *A*, während der zu beleuchtende Gegenstand in dem Blechkasten *B* angebracht werden muss und das Objektiv *C* die Projektion vermittelt. Aus dem Grössenverhältnisse des Objektivs zu dem Gesammtapparate ist ersichtlich, dass das Haupterforderniss bei derartigen Experimenten ein Objektiv von verhältnissmässig grosser Oeffnung, daher von bedeutender Lichtstärke sein muss.

3. NEBEN-APPARATE.

Zu allen in den vorangegangenen Kapiteln geschilderten Projektionslaternen gehören mehrere Neben-Apparate, theils um die Beleuchtung in verschiedener Weise zu beeinflussen und das Farbenspiel der Bilder zu wechseln, theils, wie zum Theil schon Seite 259 erwähnt, um Bewegung in die Scene zu bringen, theils um den Bildern eine verschiedene Stellung im Apparate zu geben.

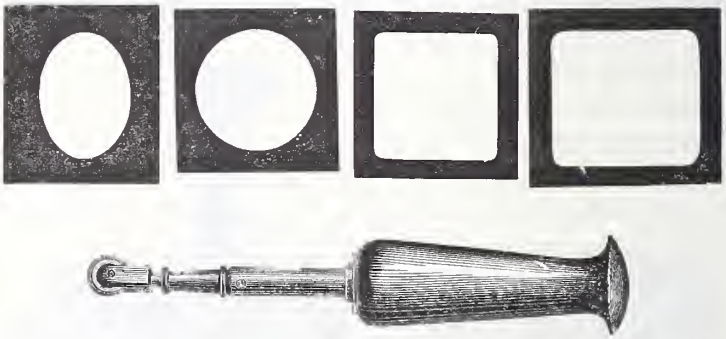


Fig. 213 und 214. Schablonen und Trimmer für die Bildformung.

Käufliche Glasbilder für Projektionszwecke sind schon zweckentsprechend montirt, selbst dargestellte derartige Abbildungen aber, seien solche gemalt, seien sie auf photographischem Wege erzielt, bedürfen, bevor sie gebrauchsfähig sind, der „Montage“. Letztere besteht darin, dass die Bilder eine schützende Glasdecke erhalten, unter welche, d. h. zwischen Bild und Glasdecke, ein undurchsichtiger Ausschnitt von Papier gelegt wird, um dem Bilde eine bestimmte Abgrenzung auf der weissen Wand des Auditoriums zu geben. Solche Papierblenden werden am besten und raschesten mittels Zinkschablonen und eines Schneidrädchens dargestellt. Den Zinkschablonen giebt man gewöhnlich für die übliche Bildgrösse von 9 cm Quadrat die

in Figur 213 abgebildeten Formen. Will man einen Ausschnitt anfertigen, so wird einfach eine der abgebildeten Schablonen auf mattschwarzes Papier gelegt und dasselbe mittels des in Fig. 214 abgebildeten Schneidrädchens an den Rändern aussen und innen befahren.

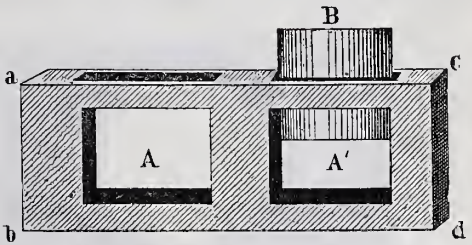


Fig. 215. Doppelschieber für Projektionsbilder.

Zum Einschieben der zu projizirenden Glas- oder Gelatinebilder dienen eigenthümliche Rähmchen, in welche die Bilder entweder von oben, wie in Fig. 215, eingesteckt oder, wie in Fig. 216 dargestellt, seitlich eingeschoben werden. Um in einer Laterna zwei Bilder rasch wechseln zu können, ist der in Fig. 215 abgebildete Doppelschieber besonders geeignet. *abcd* ist ein Holzrähmchen, welches in *AA'* ausgesägt und oben mit zwei Spalten versehen ist, durch welche die Glasbilder (*B*) eingeschoben werden können. Während das Bild *B* in *A'* hinter dem Objektiv der Laterne steht und auf die weisse Wand projizirt wird, kann das im hervorstehenden Theile *A* befindliche Bild gewechselt werden. Aehnliches wird auch durch den in Fig. 216 abgebildeten Schieber erreicht, indem die Bilder hintereinander auf ein in der unteren Nute laufendes Band aufgesetzt werden. Statt mit der Hand die Bilder vorbeizuschieben, geschieht dies hier mittels der ersichtlichen Kurbel. Wird an letzterer gedreht, so wandert begreiflicherweise das an der einen Seite eingesteckte Bild an der Oeffnung vorbei, um auf der anderen Seite, nachdem es genügend lange projizirt worden ist, wieder entfernt zu werden; man kann auf diese Weise allmählich den gesammten Bildervorrath auf einfache Weise durch den Apparat hindurchgleiten lassen. Bewegliche Bilder setzt man in Rähmchen ein, wie ein solches in

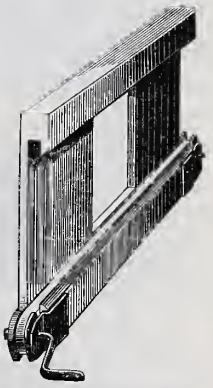


Fig. 216. Mechanische Vorrichtung zum Vorbeischieben der Projektionsbilder.

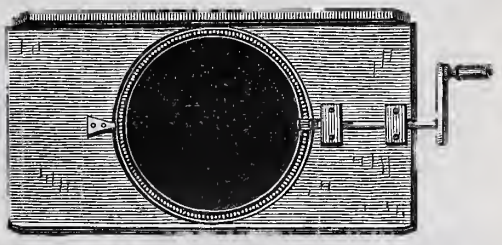


Fig. 217. Mechanismus für bewegliche Bilder.

Fig. 217 abgebildet. Die Bilder werden in eine mit einem Triebrade und einem kreisförmigen Zahnrade versehene Holztafel eingesetzt; das Zahnrad kann durch Vermittelung der an der Abbildung ersichtlichen Kurbel in Kreisbewegung gebracht werden. Ausser durch

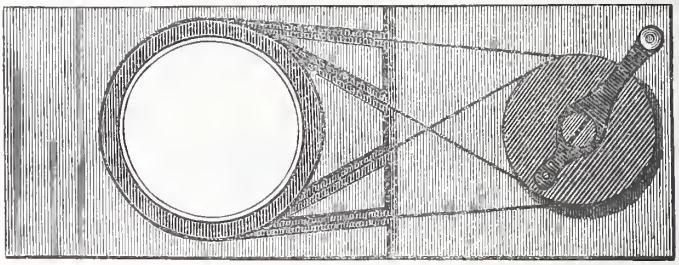


Fig. 218. Bewegung der Bilder durch elastische Schnüre.

Stange und Triebrad kann eine solche Bewegung auch durch elastische Schnüre (Fig. 218) vermittelt werden, welche sich um das bewegliche Bild und die drehbare Kurbel herumziehen. Die Bilder werden in den freien runden Ausschnitt der Holztafel eingesetzt. Unsere

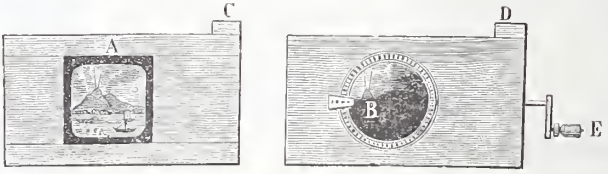


Fig. 219. Fig. 220.
Darstellungsweise eines Ausbruchs des Vesuv.

Figg. 219 und 220 zeigen ein derartiges Beispiel. Bei *A* ist ein Bild des Vesuvs in das Rähmchen eingesetzt, während bei *B* in der Drehungsvorrichtung die Zeichnung eines Feuerscheins angebracht ist, durch dessen kreisförmige Bewegung, wenn derselbe mit einer

Fig. 221. Darstellungsweise einer vorbeiziehenden Karawane.

zweiten Projektionslampe auf das erstgenannte Bild geworfen wird, die optische Täuschung des Feuerausbruches aus dem Berge erzielt wird. In Fig. 221 sehen wir eine andere Art, um einer Landschaft durch ein bewegliches Bild Leben einzuhauchen. Diese Art von

Darstellungen können mit einer einzigen Laterne ausgeführt werden. Vor dem gewöhnlichen Projektionsbilde, welches seitlich schwarz abgedeckt ist, schiebt sich in der Doppelnute des Rähmchens eine längliche Glasscheibe vorbei, auf welcher Figuren, hier eine Karawane, abgebildet sind. Es macht das Vorbeiziehen derartiger länglicher Streifen vor dem Glasbilde der stehenden Landschaft, auf die weisse Wand projizirt, einen äusserst anregenden und überraschenden Eindruck.

Fig. 222. Farbige Scheiben für Projektionsbilder.

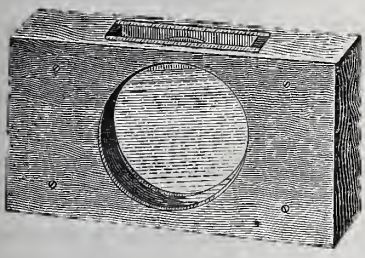


Fig. 223. Projektionstrog.

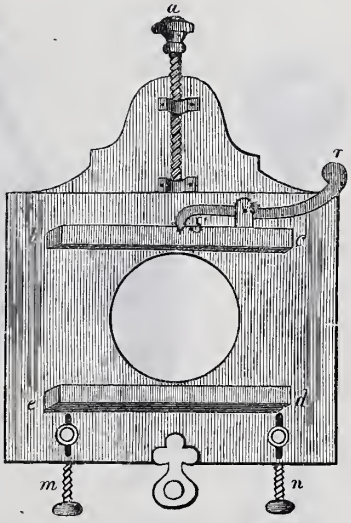


Fig. 224. Centrirapparat für den Projektionstrog.

Um Bilder wie Landschaften verschiedenfarbig zu beleuchten, z. B. den Unterschied von Tagesbeleuchtung, Abendbeleuchtung, Beleuchtung der untergehenden Sonne zu erzielen, dient der in Fig. 222 abgebildete Apparat. Derselbe besteht aus einem auf das Objektiv aufzuschraubenden, mit Scharnieren versehenen Ringe; in die Scharniere werden Messingrähmchen eingesetzt, die je nach Bedarf verschieden gefärbte durchsichtige Glasscheiben aufzunehmen haben. Soll die Beleuchtung wechseln oder eine gemischte sein, so wird je nach Bedarf, z. B. die rosenrothe oder die gelbe Scheibe durch Herunterklappen vor das Objektiv gebracht; an der oberen Seite der Figur ist eine dritte Scharniervorrichtung ersichtlich, um eventuell auch eine dritte Beleuchtungsscheibe für eine Vorstellung zur Verwendung

bringen zu können. Die farbigen Scheiben stellt man sich am besten selbst dar, indem man Glasplatten mit einem Lacke überzieht, der durch Zusatz von Anilinfarben in den verschiedensten Nuancen gefärbt werden kann.

Oftmals sind schon in Holz fertig montirte Bilder oder solche mit mechanischen Vorrichtungen versehene vorzuzeigen, welche zu dick und umfangreich sind, um sie in die in Fig. 215 und 216 abgebildeten Schieber bringen zu können. Zu diesem Zwecke dient der in Fig. 224 abgebildete Centrirungsapparat, der auch zum Einschieben von mit Wasser gefüllten Trögen, wie ein solcher in Fig. 223 abbildet ist, sich eignet. Die mit Wasser gefüllten Tröge werden zur Darstellung chemischer Experimente, von denen später die Rede sein wird, benutzt. Ein solcher Trog wird zwischen die mittels der Schrauben *m n* (Fig. 224) auf- und abschiebbaren Klammern *b c* u. *d e* eingepresst, während die Schraube *a* dazu dient, die ganze Vorrichtung hoch und tief zu schrauben, um den Wassertrog oder ein anderes derartiges Stück in den Mittelpunkt des Lichtkegels zu bringen. Der Hebel *r* dient zum Festhalten des zwischen die Backen *b c* und *e d* eingeschobenen Bildes. In den Glastrog Fig. 223 werden, um chemische Reaktionen zu zeigen, tropfenweise Reagentien mit Hülfe einer Pipette (Fig. 225) eingeträufelt.

Fig. 225. Pipette, zu dem Troge Fig. 223 gehörig.

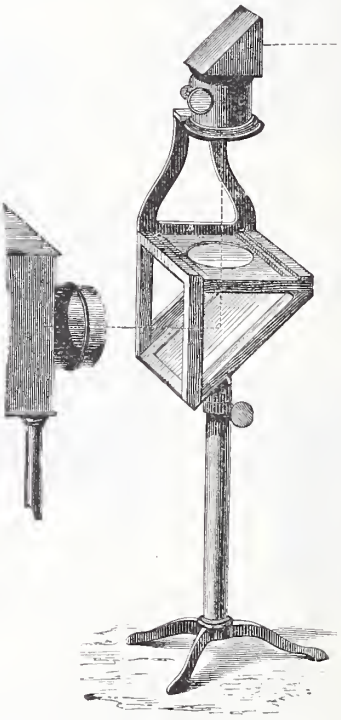


Fig. 226. Vorrichtung zur Projektion querliegender Gegenstände.

Um Gegenstände, die sich in horizontaler Lage befinden müssen, auf eine vertikale Wand zu projiziren, dient die von Duboscq erfundene Einrichtung (Fig. 226); die aus der Projektionslampe kommenden Strahlen werden durch einen um 45 Grad geneigten Plan-

spiegel auf den über dem Spiegel sichtbaren durchbohrten Objekttisch geworfen. Senkrecht über diesem Tische befindet sich das vertikal stehende Objektiv, mit welchem ein spiegelndes Prisma verbunden ist, das die Strahlen wiederum in horizontaler Richtung auf die weisse Wand wirft. Fig. 227 zeigt einen kleinen Glasapparat, welcher zu Projektionszwecken für diesen Objekttisch bestimmt ist; in einer solchen Schale können chemische Experimente vorgenommen, sowie die Bewegungen und Lebensthätigkeiten kleiner Thiere beobachtet werden.

Fig. 227.
Schale für chemische Versuche.

Ein sehr wichtiges Hilfsmittel für gleichzeitige Benutzung mehrerer Projektionsapparate, sei es um bewegliche Bilder darzustellen, sei es um Nebelbilder mittels Drummond'schen Kalklichtes vorzuführen, ist der in Fig. 228 abgebildete Sauerstoff-Vertheilungshahn. Vor Erfindung dieses Hahnes hatte man nöthig, jedem Apparate eine besondere Gaszuleitung zu geben, so dass unter den mit einander verbundenen Schläuchen ein Gewirre nicht zu vermeiden war, was die Manipulationen in hohem Grade behinderte. Der in Rede stehende Hahn dient nicht nur dazu, einzelne Ansichten rasch in einander übergehen zu lassen, sondern auch, um in einzelnen Laternen das Licht zu löschen, während die anderen Laternen weiter arbeiten, was eine bedeutende Sauerstoffersparniss zur Folge hat. Man benöthigt zu diesem Behufe zwei übereinander stehende Hähne, wie in Fig. 201 vorn unter dem unteren Objektive ersichtlich, einen für Wasserstoff oder Leuchtgas, den anderen für den Sauerstoff. Während das untere Rohr der in Fig. 201 ersichtlichen beiden Hähne perpetuirlich das Leuchtgas den Brennern zuführt und daselbst, da seine Kosten bei je einer Vorlesung keine grossen sind, in den einzelnen Laternen weiter brennen kann, dient der obere Hahn zur Regulirung der Sauerstoffzufuhr. Die Figuren 228a bis d werden zum Verständniss der einschlägigen Manipulationen beitragen. In den vier Figuren, welche verschiedenen Stellungen des oberen Hahnes entsprechen, dient das Rohr *A* der Sauerstoffzuleitung, das Ansatzrohr *B* führt den Sauerstoff in den einen Knallgasbrenner, das Rohr *C* in denjenigen der zweiten Laterne. Die Pfeile zeigen bei jeweiliger Stellung des Hahnes den Gang des Sauerstoffs an. Ist die Stellung des Griffes *D* wie in Fig. a, so ist die Sauerstoffzufuhr vollkommen abgeschlossen und in beiden Apparaten kein Projektionslicht. Ist wie in Fig. b der Griff *D* über dem Schlauchansatz *B*, so geht das Sauerstoffgas in den oberen Projektionsapparat, während wenn, wie

in Fig. c, der Griff *D* über *C* steht, die untere Laterne Licht erhält; viertens, wenn der Griff *D* zwischen den Schlauchansätzen *B* und *C* steht, strömt gemäss einer engen Doppelbohrung des Hahnes Sauerstoffgas in beide Apparate, um zwei Bilder zugleich mit gedämpftem Lichte erscheinen zu lassen. Wenn der Griff *D* über *A* steht, so strömt in beide Röhren infolge grösserer Bohrung des Hahncylinders sehr viel Sauerstoff ein und die Bilder erscheinen bei vollem Lichte. Um die mittels dieser Einrichtung vorzuführenden Bilder allmählich in einander übergehen, verschwinden, oder hell und dunkel werden zu lassen, ist eine gewisse Uebung bezüglich des raschen Wechsels in der Stellung des geschilderten Hahnes erforderlich.

Statt des mehrfach gebohrten Gashahns dient auch der sogenannte Dissolver (*a* Fig. 199). Man kann diese Vorrichtung in

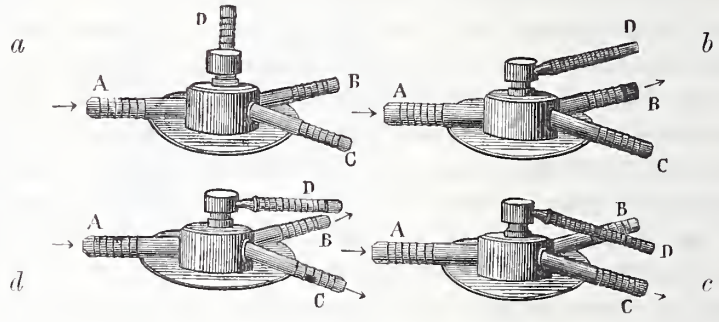


Fig. 228. Distributionshahn für die Gase.

verschiedener Weise ausführen. Eine vor den beiden Objektiven aufgestellte, seitlich zugespitzte geschwärzte Blechplatte wird nach rechts oder links mittels eines hebelförmigen Stabes gesenkt. Durch die allmähliche Verdeckung der einen oder anderen Linse, hervorgerufen durch die spitze Form des Dissolvers, wird allmählich mehr oder weniger Licht aus den beiden Objektiven auf die weisse Wand des Auditoriums geworfen, sodass bei langsamer Rechts- oder Linksbewegung einmal das rechte, das andere Mal das linke Objektiv, jedoch nur allmählich, verschlossen wird, und die hinter dem einen oder anderen Objektive befindlichen Bilder auf der weissen Wand allmählich erscheinen oder verschwinden.

Neben diesen allgemein üblichen Nebenapparaten für Projektionszwecke kommen noch eine grosse Zahl von zu Spezial-Unterrichtszwecken nöthigen Projektionsinstrumenten zur Verwendung, über die im nächsten Kapitel berichtet werden wird. An dieser Stelle wollen

wir nur noch einige Worte über die Projektionsfläche selbst mittheilen.

Als solche kann sowohl eine helle Kalk- oder Gyps-Wand, als auch ein aufgespannter Papierbogen dienen; ebenso eignen sich zu diesem Behufe grosse Tücher ohne Naht, welche in fast jeder Haushaltung vorhanden. Soll jedoch, was die empfehlenswertheste Art der Projektion ist, der Projektionsapparat vom Publikum nicht gesehen werden, sondern die Wand zwischen Publikum und Apparat sich befinden, so ist entweder der freie Raum von Flügelthüren mit einem weissen zu befeuchtenden Tuche zu bespannen oder es ist ein Rahmengestell zu diesem Zwecke anzufertigen, welches man überall leicht aufstellen kann. Ein derartiges Gestell haben wir in Fig. 229 abgebildet. Der neben dem Gestell ersichtliche Kasten dient zur Aufbewahrung der gesammten leicht auseinanderzunehmenden Vorrichtung und des weissen Vorhangs. Uebrigens kann sich wohl Jeder in der mannigfachsten Weise selbst helfen, sodass wir alle weiteren in verschiedenen einschlägigen Monographien erwähnten Vorschläge hier übergehen können.

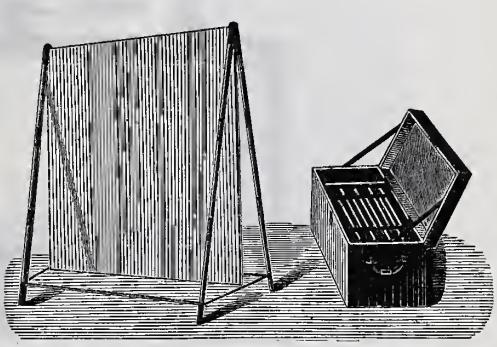


Fig. 229. Transportable Projektionswand aus Shirting.

4. DIE VERWENDUNG DER PROJEKTIONS-APPARATE ZU UNTERRICHTSZWECKEN.

Nicht nur alle Zweige des naturwissenschaftlichen Unterrichtes und der übrigen exakten Wissenschaften, sondern auch das Lehren auf dem Gebiete abstrakter Disciplinen, sogar der Sprachforschung und der Geschichte, können durch das Herbeiziehen der Projektionsbilder eine bedeutende Unterstützung und insbesondere eine vortreffliche Belebung finden, wodurch die Aufmerksamkeit des Schülers stets gefesselt und die Resultate des Lernens in hervorragender Weise gefördert werden.

a) EXPERIMENTE FÜR DEN PHYSIKALISCHEN UND CHEMISCHEN UNTERRICHT.

Eine ungemein grosse Zahl von Versuchen, deren Auswahl und Ausführung wir der Einsicht des Lehrers übertragen müssen, lassen

sich mit den Projektionsapparaten darstellen. Der Lehrer muss sich bemühen, die bekannten in den Lehrbüchern der Experimentalphysik

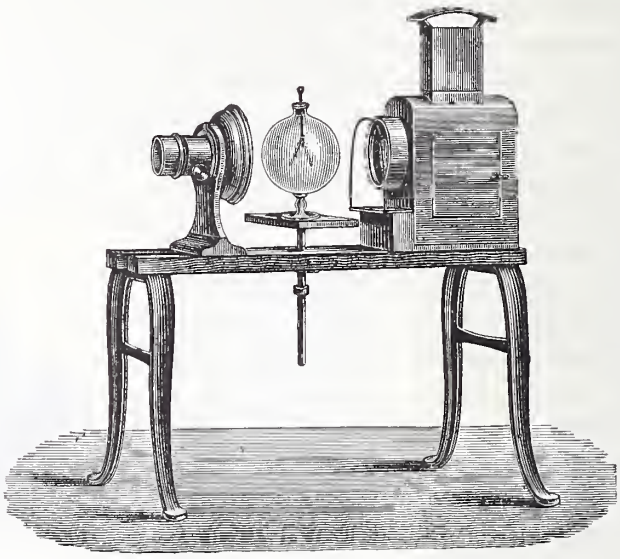


Fig. 230. Projektion des Elektroskops (nach Stöhrer).

enthaltenen Experimente auf den Projektionsapparat in der Weise zu übertragen, wie wir solches als allgemein einleitendes Beispiel in unserer Fig. 230 mittels des bekannten Elektroskops dargestellt haben.

1. MECHANIK.

Sehr dankbar ist die Darstellung der Gesetze der Mechanik, sowie der Bewegungsmechanismen. Es lässt sich mittels des Apparates Fig. 209 durch Einschieben von Photographien oder von auf Glasplatten aufgenieteten flachen Modellen von Bewegungsmechanismen nicht nur der Unterricht in der Mechanik, sondern auch derjenige auf dem Gebiete der Ingenieurwissenschaften ungemein beleben. Das Rad an der Welle, die einfache Rolle, die Doppelrolle, die Räderübersetzung, die Flaschenzüge, die Riemenscheibentransmission, Kettenräder, sowie alle übrigen Arten von Rädern und Räderwerken, Kurbeltransmissionen, Geradeführungen durch Längsstangen, Modelle von Dampfmaschinen und alle Einzeltheile der Lokomotive, Wasser- und Gasmotoren, Turbinen, Heissluftmaschinen und Uhrwerke jeglicher Art können nicht nur in Form von Projektionsphotogrammen, sondern auch als kleine, auf Glasplatten montirte, bewegliche flache Modelle zur Projektion verwendet werden.

2. HYDROSTATIK.

Des Weiteren lassen sich sehr wirksam bei Beginn des physikalischen Unterrichts die Gesetze und Erscheinungen der Kapillarität mittels des Projektionsapparates darstellen. Der bekannte Satz, dass die Steighöhe in Kapillarröhren umgekehrt proportional ist dem Durchmesser, wird z. B. mittels Einschieben des in Fig. 231 ab-

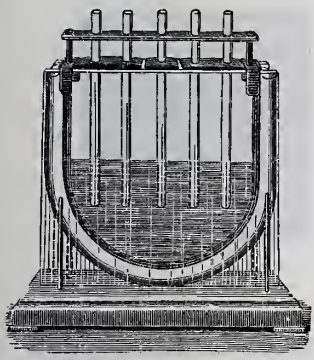


Fig. 231. Kapillarröhren von verschiedener Weite.

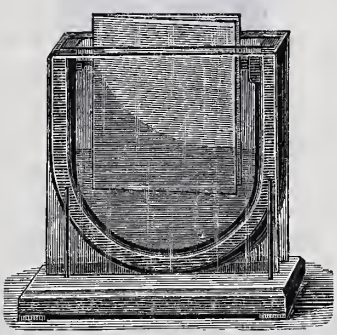


Fig. 232. Wasserkurve zwischen Glasplatten.

gebildeten Apparates vor die Kondensationslinsen des Projektionsapparates leicht bewiesen. In dem engsten Röhrchen steigt die Flüssigkeit — man nimmt hierzu am besten rothgefärbtes Wasser — am höchsten, in dem weitesten Röhrchen am niedrigsten. Geht die Kapillarität des Röhrchens in eine die Regel übersteigende Weite über, so ist das Niveau der Flüssigkeit in dem Troge und der Röhre gleich. Hieraus folgt, dass, wenn zwei schief gegeneinander geneigte Glasplatten in den Trog eingesenkt werden, die Flüssigkeit, wie in Fig. 232 ersichtlich, in Form einer Kurve an den Wänden der Glasplatten emporsteigt.

Fig. 233.

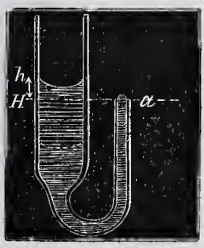


Fig. 234.

Meniskusbildung des Wassers und Quecksilbers in Röhren.

Mittels des in unserer Fig. 233 abgebildeten Experimentes soll dargestellt werden, dass das Quecksilber, da es an den Wänden nicht anhaftet, einen nach oben gebogenen Meniskus bildet, während Wasser, wie in Fig. 234 ersichtlich, aus entgegengesetzten Gründen einen nach unten eingebogenen Meniskus an seinem Ende bildet. Auch ist gleichzeitig mit diesem Apparate zu zeigen, wie sich die

Wasserhöhe unter verschiedenen Umständen in den beiden Schenkeln des Glasrohres verhält. Anfangs steht, wie die punktirte Linie zeigt, infolge bekannter physikalischer Gesetze das Wasser im engen Rohre höher, als im weiten, tropft man jedoch allmählich Wasser zu, so nimmt dasselbe am Ende des engen Rohres *a* eine vorgewölbte Form

Fig. 235. Hochstehen des Wassers in Kapillaren.

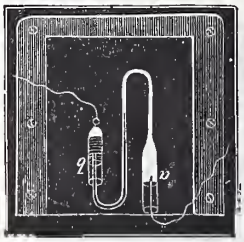


Fig. 236. Hebung von Quecksilber durch elektrische Ströme.

an, während es durch allmähliches langsames Zuträufeln in dem weiten Rohre zum Höherstehen zu bringen ist.

Mit dem in Fig. 235 abgebildeten, in den Trog des Projektionsapparates einzusteckenden Röhrchen wird nachgewiesen, dass, wenn eine weite und eine enge Röhre zusammengeschmolzen sind, das einsteigende Wasser in der engen (der Kapillar-) Röhre höher steht, als in dem Troge und, wenn man das Rohr herauszieht, die gleiche Höhe in dem engen Röhrchen so lange beibehalten wird, als dies geschähe, wenn nur eine Kapillare von gleicher Höhe und Weite benutzt würde. Wird diese Höhe überstiegen, so fällt das Wasser in dem weiten Rohre und stellt sich in das Niveau des in dem Troge befindlichen Wassers.

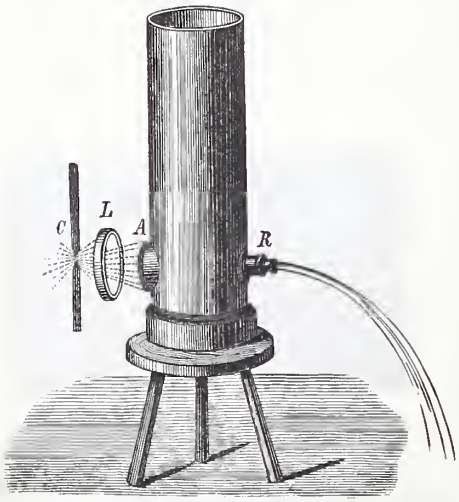


Fig. 237. Ausfluss des Wassers in Parabelform.

Durch die in Fig. 236 abgebildete Vorrichtung soll bewiesen werden, dass nach der Richtung eines durchtretenden elektrischen Stromes das Quecksilber in einem Schenkel fällt bezw. steigt. Die

hellen Parthien bedeuten das Quecksilber, die in den Glasröhrchen dunkel gelassenen Parthien verdünnte Schwefelsäure.

Sehr hübsche Experimente aus dem Gebiete der Hydrostatik und Hydrodynamik werden mit den Apparaten Fig. 237 bis 240 dargestellt. Das Gefäss (Fig. 237) ist mit Wasser gefüllt und an seinem unteren Ende mit einer grösseren Oeffnung *A* und einer kleineren Oeffnung *R* versehen, die beide mittels Glasplatten verschlossen sind. Fallen auf *A* die aus der Laterne *C* durch die Kondensationslinse *L* kommenden Lichtstrahlen, so beleuchten dieselben das bei *R* ausfliessende Wasser zum Beweise, dass die Form des ausfliessenden Wasserstrahls eine parabolische ist. Wir werden diesem Versuche nochmals bei den optischen Experimenten begegnen.

Zum Beweise der Erscheinungen, welche der frei ausfliessende Strahl und die Tropfenbildung zeigen, dient der Apparat Fig. 238. Hier haben wir es gleichfalls mit einem mit Wasser gefüllten Gefässe zu thun, aus welchem bei dem ersichtlichen Hahne ein Strahl nach unten abfliesst. Nachdem das Projektionslicht so durch den Wasserstrahl geleitet ist, dass ein scharfes Bild desselben auf der weissen Wand erscheint, wird die mit vier Oeffnungen versehene Drehscheibe, wie abgebildet, vorgesetzt und rotirt. Sofort löst sich der scheinbar kontinuirliche Strahl in glänzende Tropfenreihen auf. Entspricht die Geschwindigkeit der Umdrehung der Scheibe der Geschwindigkeit des Ausflusses des Wassers, so scheinen die Tropfen zu ruhen, ist die Geschwindigkeit grösser oder geringer, so verschieben sich scheinbar die Tropfen in einer gewissen Periode nach oben oder unten.

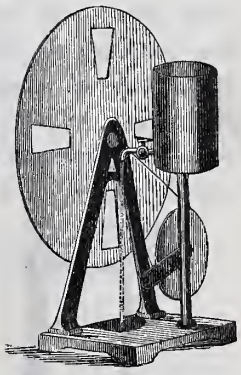


Fig. 238.
Nachweis der Tropfenbildung.

Dass ein vor einem engen Röhrchen vorbeigetriebener Luftstrahl in demselben das Wasser hebt und es zerstäubt, ist durch die Inhalationsapparate längst bekannt. Das Experiment lässt sich mit dem Projektionsapparate so darstellen, dass an ein konisches Röhrchen *a b* (Fig. 239) ein U förmiges, einem Barometerrohr ähnlich geblasenes Röhrchen *c* angeschmolzen ist. Je nachdem man einen Luftstrom durch Einblasen bei *b* oder *a* in der Richtung des Pfeiles hindurchschickt, findet im Inneren eine Druckerhöhung oder eine Druckverminderung statt, das Wasser in der Glasröhre *c* fällt oder steigt. Dieses Experiment lässt sich noch in der Form, wie

in Fig. 240 dargestellt, ausführen. Hier ist ein gerades Rohr *a* in eine ebene Platte eingeschmolzen, unter letzterer befindet sich eine gleichartige Platte, die das U förmig gebogene Glasröhrchen *c* trägt. Bläst man bei *a* hinein, so steigt die Flüssigkeit in dem Röhrchen *c*.

Fig. 239.

Fig. 240.

Prinzip der Wasserhebung durch Luftzug.

3. WÄRMELEHRE.

Aus dem Gebiete der Wärme lassen sich sehr schöne Versuche mittels des Projektionsapparates zeigen. Das an einem Stäbchen aufgehängte kleine Thermometer (Fig. 241), dessen Kugel von einem kleinen angeschmolzenen, theilweise mit Wasser gefüllten Glasgefässe umgeben ist, dient dazu, die Wärmeentwickelung beim Gefrieren zu zeigen. Wird das erwähnte Thermometer in Eiswasser gestellt und dadurch bis nahe auf 0 Grad abgekühlt, dann mit etwas

Fig. 241. Thermometer.

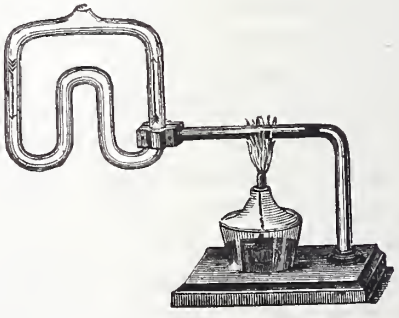


Fig. 242. Wassercirculation durch Wärme.

Watte umwickelt und Aether auf dasselbe getröpfelt, während dasselbe vor der Linse des Projektionsapparates sich befindet, so fällt der Quecksilberfaden fortwährend und lässt sich bis auf —6 Grad C. bringen. Nimmt man die Watte vorsichtig ab, so zeigt sich das Wasser noch flüssig; beim Erschüttern erstarrt dasselbe, während gleichzeitig das Thermometer auf 0 Grad steigt, — eine reizende Erscheinung an der weissen Wand des Auditoriums.

Die Circulation von Wasser infolge von Ausdehnung, ein Experiment, auf welchem die gesammten Warmwasser-Heizungssysteme beruhen, ist in Fig. 242 dargestellt. Das gebogen zusammengeschmolzene, in den zu erwärmenden Metallbügel eingeschraubte Glasröhrchen ist mit Wasser gefüllt, dem ein unlöslicher Staub, z. B. Lycopodium, beigefügt ist. Wird der Metallstab, an dem das Röhrchen hängt, durch eine Spirituslampe erwärmt, so circulirt das Wasser im Sinne der Pfeile fortwährend. Die Bewegung ist an den in Wasser suspendirten, auf die Wand projizirten, kleinen bewegten Staubtheilchen sehr hübsch zu sehen.

Dass die Wärme in verschiedenen Materialien verschiedenartig fortgeleitet wird, ist mittels des Instrumentes Fig. 243 sehr hübsch im Projektionsapparate zu zeigen. Auf einem zwischen zwei Stützen befestigten Glasstreifen sind die Stoffe der Stäbchen (Holz, Glas, Zink, Eisen, Messing, Kupfer) aufgeschrieben, welche in das Gestell

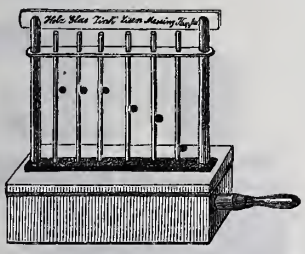


Fig. 243. Ausdehnung durch Wärme.

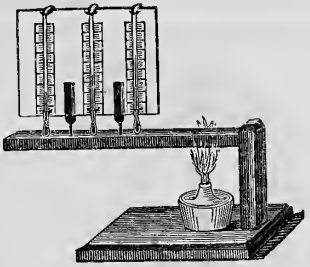


Fig. 244. Leitung durch Wärme.

eingesteckt sind. An den Stäbchen sind kleine Holzkugeln mit etwas Klebwachs befestigt. Die Stäbchen stehen auf einem Metallkasten. Wird derselbe mit heissem Wasser gefüllt, so fallen die Holzkugeln zuerst an dem Kupferstabe, dann an dem Messingstabe und so fort zuletzt an dem Holzstabe ab, sobald die in den verschiedenen Stoffen verschieden gut geleitete Wärme die Kügelchen erreicht hat und das dieselben befestigende minimale Quantum Wachs schmilzt.

Das Gesetz der Wärmeleitung wird mit dem bekannten Biotschen Apparate, der in Fig. 244 abgebildet ist, projizirt. Derselbe, in kleinem Massstabe ausgeführt, wird, wie abgebildet, in den Projektionsapparat eingeschoben. Die ersichtlichen drei Thermometer haben gleichen Abstand von einander und stehen auf einem Metallstabe. Wird das Ende des Metallstabes erwärmt, so nehmen die Quecksilberfäden der Thermometer Höhenstellungen in bestimmtem geometrischem Verhältnisse zu einander an.

4. ELEKTRIZITÄTSLEHRE UND MAGNETISMUS.

Die schönsten Darstellungen lassen sich aus dem Gebiete der Elektrizitätslehre und des Magnetismus zeigen. Eines der bedeutendsten Hilfsmittel nicht nur in der theoretischen Elektrizitätslehre, sondern auch in der praktischen Elektrotechnik ist bekanntlich das Galvanometer. Alle möglichen Eigenschaften des elektrischen Stromes lassen sich mittels desselben nachweisen. Es ist aber für eine grosse Zahl von Schülern äusserst schwer, die Erscheinungen an dem Galvanometer gleichzeitig zu beobachten und würde es viel zu viel Zeit des Unterrichts in Anspruch nehmen, wenn ein Schüler nach dem anderen von den Erscheinungen am Galvanometer durch Herantreten an den Operationstisch sich überzeugen sollte. Zu diesem Behufe ist das von Stöhrer konstruirte, in Fig. 245 dargestellte Vertikalgalvanometer äusserst praktisch. Hier sind auf eine runde Glasscheibe die Ziffern von 0 bis 90 Grad vier Mal aufgeschrieben. Solche erscheinen begreiflicherweise ungemein gross mit dem vor denselben spielenden Zeiger auf der weissen Wand. Um den Zeiger herum führt von oben nach unten eine Drahtleitung. Geht durch dieselbe ein durch irgend ein Experiment erzeugter elektrischer Strom, so schlägt die Nadel dessen Stärke gemäss aus, was auf der weissen Wand einen sehr hübschen Effekt darbietet.

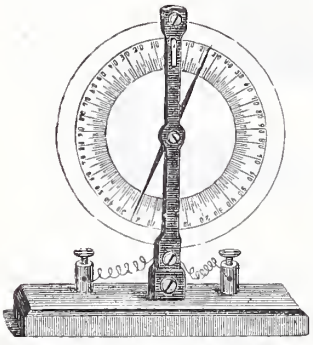


Fig. 245. Projektionsgalvanometer.

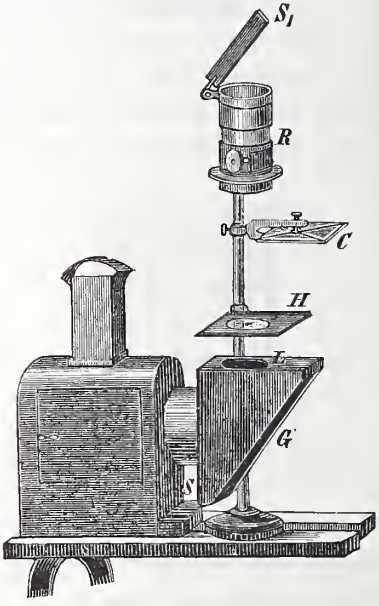


Fig 246. Vertikaler Projektionsapparat.

Um den Unterschied zwischen Horizontal- und Vertikalgalvanometer darzustellen, aber auch um die Richtung der Magnetnadel nach Norden und die Gesetze von deren Ablenkung durch Magnete

nachzuweisen, dient die schon in dem vorangehenden Paragraphen, betreffend die zur Projektionskunst nöthigen Nebenapparate, erwähnte Dubosq'sche Vorrichtung zur Projektion querliegender Gegenstände. In Fig. 246 ist diese Vorrichtung in Verbindung mit einem Skioptikon gezeichnet, gegen den ursprünglichen Dubosq'schen Apparat mit dem Unterschiede, dass bei Dubosq die Weiterleitung der Lichtstrahlen mittels eines Prismas, bei Stöhrer mittels eines verschiebbaren Spiegels bewerkstelligt wird. Bei S befinden sich die Kondensatoren, vor denselben bei G der schief stehende Spiegel, bei L eine abermalige Konzentrationslinse. Auf das verschiebbare durchbohrte Brettchen H wird z. B. das in Fig. 247 abgebildete durchsichtige Horizontalgalvanometer gelegt. R (Fig. 246) ist das Objektiv. Der Spiegel S^1 wirft die senkrecht nach oben gehenden Strahlen in einem Winkel von 45 Grad auf die Projektionswand. Nähert man der Magnetnadel ein Kompasstäbchen, so wird solche bekanntlich aus ihrer Richtung abgelenkt, was sich sehr instruktiv projizirt.

Fig. 247.

Fig. 248.

Apparate zur Projektion magnetischer Erscheinungen.

In Fig. 248 sehen wir ebenfalls einen in das Gebiet des Magnetismus gehörenden Versuch abgebildet. Auf das Glasplättchen ist ein kleiner Magnetstab aufgekittet; werden auf denselben Eisenfeilspähne gestreut, so bilden sich die bekannten magnetischen Kurven. Man muss hierzu recht feine Eisenfeilspähne, am besten den unter dem Namen Limatura Ferri in den Apotheken erhältlichen Eisenstaub benutzen. In höchst instruktiver Weise führt Professor John Tyndall, der Meister auf dem Gebiete der optischen Projektionslehre in Bezug auf ihre Anwendungen für die Wissenschaft, dieses Experiment wie folgt aus:

Unsere Figur 249 zeigt den Effekt auf dem Projektionsschirme, wie er in oben geschilderter Weise mit Benutzung eines verhältnissmässig starken kleinen Magneten erscheint. N ist die Oeffnung der Lampe, M ein ebener Spiegel, der den Strahl aufwärts wirft, bei P liegt der Magnet und die Eisenfeile, L ist eine Linse, die ein entsprechendes Bild entwirft und R ein total reflektirendes Prisma, welches das Bild der magnetischen Kraftlinien G auf den Schirm zeichnet.

Die Art der Projektion eines Elektroskops ist schon oben erwähnt (Seite 276).

Auch das Gebiet des Galvanismus liefert mannigfach Gelegenheit für Projektionsexperimente, in erster Linie mittels des in Fig. 250 dargestellten Trogs, enthaltend angesäuertes Wasser, in welches zwei mit Leitungen versehene Platinplättchen eingesetzt sind. Wird der Strom zu den ersichtlichen Klemmschrauben geführt und geschlossen, so entsteht sofort die bekannte Gasentwickelung, Sauerstoff am positiven und Wasserstoff am negativen Ende der Leitung; es entwickeln sich an beiden Stäbchen sofort Luftblasen, an dem negativen Pole doppelt so viel, wie an dem positiven. Dieselben senken sich wie mächtige Kugeln auf der weissen Wand herunter, da die Bilder bekanntlich umgekehrt auf letzterer erscheinen. Wird eine verdünnte

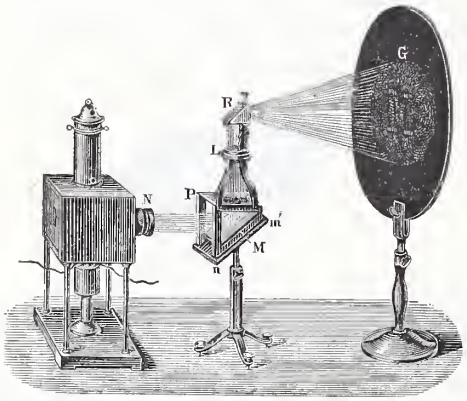


Fig. 249. Projektionsbild magnetischer Kraftlinien.

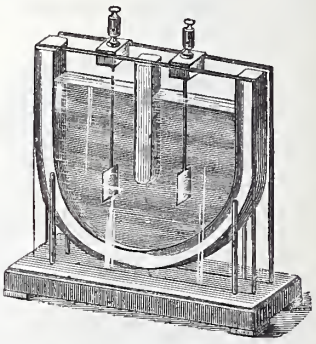


Fig. 250. Chemische Zersetzung durch den galvanischen Strom.

Lösung von essigsaurem Blei in den Trog gethan, und an eine Seite ein nähnadeldickes Zinkdrähtchen eingesetzt, so bildet sich auf dem Zink ein Niederschlag von Blei, welches auf der Projektionswand den Eindruck von Blättern macht, die alsbald zu einem Baume anwachsen. Nimmt man statt dessen zwei mit einer galvanischen Batterie verbundene Platindrähte, so tritt die Erscheinung an dem einen Pole noch viel glänzender hervor. Wechselt man die Pole, so wandert der „Bleibaum“ von einem Pole zum andern. Wunderhübsch kann man auch einen Silberbaum darstellen, indem man eine Auflösung von salpetersaurem Silber auf eine Glasplatte bringt und im Momente, wo dieselbe zu trocknen anfängt, die Platte in den Projektionsapparat setzt. Es schiessen in der herrlichsten Weise Krystalle an. Wird eine solche Lösung in eine Projektionskuvette Fig. 250 gebracht, so

scheidet sich in baumförmiger Gestalt an dem einen Pole Silber aus. Wird der Leitungsdraht halbkreisförmig gebogen, so bildet sich eine schöne Silberlaube.

Mittels desselben Apparates lässt sich auch die Zersetzung von gelösten Salzen und die Zerlegung derselben in ihre Elemente nachweisen. So wird z. B. eine mit Lakmuspapier gefärbte Lösung von schwefelsaurem Natron an dem einen Pole blau, an dem anderen roth gefärbt, während, sobald der Strom unterbrochen wird, bei Schütteln der Flüssigkeit der ursprüngliche Farbenton zurückkehrt. Wird Jodkalium einer Stärkelösung zugesetzt und der elektrische Strom eingeleitet, so scheidet sich Jod aus und die Lösung wird intensiv blau.

Um das Faraday'sche elektrolytische Gesetz mittels dieses Apparates auf dem Wege der Projektion zu zeigen, dient eine konzentrirte Lösung von Zinkchlorid, welche in den, durch einen aus Kalk gebildeten Keil in ein U förmiges Gefäss verwandelten Trog eingegossen wird. Ueber diese Zinkchloridlösung giesst man in den einen Schenkel eine schwache Lösung von mit Stärke versetztem Jodkalium und senkt die zwei oben erwähnten Platinbleche gleichmässig ein. Wird nun ein starker galvanischer Strom von etwa sechs Grove- oder Bunsen-Elementen in der Richtung des Zinkchlorids eingeleitet, so scheidet er bei seinem Eintritte in die Zinkchloridlösung Chlor ab, während das Zink sich nach dem entgegengesetzten Pole begiebt, woselbst das Platinplättchen bis an die Grenze der beiden Flüssigkeiten gesenkt wurde. Werden die Elektroden soweit in das Gefäss eingesenkt, dass sich Jod und Zink an der Grenzstelle beider Flüssigkeiten in äquivalenten Mengen ausscheiden, so verbinden sich sofort während des Durchgangs des Stroms beide mit einander und es tritt keine Blaufärbung der Stärke ein. Wendet man aber den Strom oder zieht man das Stäbchen in die Höhe, so dass es nur von Jodkaliumlösung umspült ist, so wird, selbst bei dieser Stellung, Blaufärbung eintreten, da sich das Jod nicht an der Grenze der beiden Flüssigkeiten, sondern am Platin abscheidet, indem keine Verbindung zwischen Zink und Jod eintritt.

Fig. 251. Zum elektrolytischen Gesetz.

Die Gesetze der Exosmose und Endosmose, die Ueberführung von Stoffen durch Membranen mittels des galvanischen Stroms, ebenso wie Entstehung von Erwärmung oder Abkühlung an der Löthstelle zweier mit einander verbundener Metalle je nach der Richtung des Stroms kann durch Projektionen erläutert werden;

letzteres wird mittels eines kleinen, in ein mit farbiger Flüssigkeit gefülltes Gefäss eintauchenden Kapillarröhrchens F (Fig. 252) dadurch nachgewiesen, dass die in dem Glase enthaltene Flüssigkeit in dem Kapillarröhrchen steigt oder fällt, je nachdem an der Löthstelle WA Wärme oder Kälte entsteht.

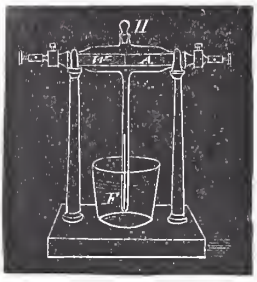


Fig. 252. Wärme- und Elektrizitätsbeziehungen.

Noch die mannigfachsten Versuche, deren Aufzählung hier zu weit führen würde, lassen sich mittels der Apparate (Fig. 230 bis 250) ausführen. Dass man das Licht der elektrischen Kohlenspitzen mittels des Projektionsapparates nach Wegschieben des Objektivs projiziren und auf diese Weise den elektrischen Flammenbogen und dessen Eigenschaften darstellen kann, ist bekannt.

5. AKUSTIK.

Auch die Akustik bietet mannigfache Gelegenheit, interessante Projektionsversuche darzustellen. Die Vorgänge, welche die Ausbreitung des Schalles in der Luft, die Reflexion desselben an den

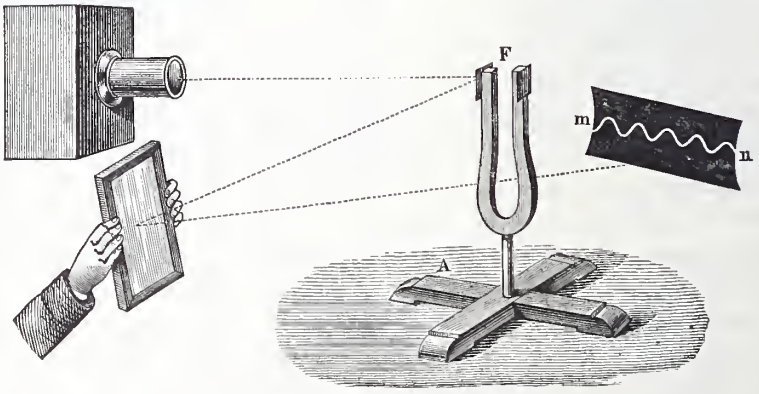


Fig. 253. Optische Darstellung der Töne.

Wänden und das Auftreten von Schwingungen in offenen und geschlossenen Röhren, wie z. B. den Orgelpfeifen, darstellen, sowie viele andere in das Gebiet der Akustik gehörende Experimente sind nur durch photographische Abbildungen, welche in den Projektionsapparat eingefügt werden, zu zeigen. Die Lissajous'schen Klangfiguren aber, von denen wir Seite 160 schon gesprochen, können, und zwar folgendermassen projizirt werden. Ein Strahl elektrischen Lichtes wird nach

einer von Tyndall angegebenen Methode auf den Spiegel der Stimmgabel *F* (Fig. 253) geworfen, von hier nach einem Handspiegel reflektirt, welcher das Bild der Schwingungen auf eine gegenüberliegende Wand *m n* wirft, woselbst sie durch ein rasches Umdrehen des Handspiegels als Kurve erscheinen. Auch die Chladni'schen Klangfiguren können während ihres Entstehens in einfacher Weise mittels des in Fig. 246 abgebildeten Apparates projizirt werden. Es geschieht dies so, dass bei *C* eine Glasscheibe eingeklemmt wird, auf welche feiner Sand zu streuen ist. Wird nun die Glasplatte in irgend einer Weise zum Tönen gebracht, sei es durch Anstreichen oder Anklopfen, so entstehen bekanntlich die verschiedenartigsten Figuren, die sogenannten Klangfiguren, welche auf die weisse Wand des Auditoriums in bedeutender Vergrösserung übertragen werden. Stöhrer schlug vor, da es der Raum im Projektionsapparate nicht gestatte, die Platten, wie gewöhnlich, durch Streichen mit dem Bogen in Bewegung zu bringen, an bestimmte Stellen derselben einige Haare zu kitten. Diese werden mit den Fingern, nachdem solche mit Kolophonium bestäubt sind, gerieben, um den für die Figurendarstellung erforderlichen Ton hervorzubringen. Dass alle möglichen Schwingungskurven, die man mit Stimmgabeln oder sonstigen Apparaten, wie in unserer Abbildung (Fig. 119, Seite 162) dargestellt, erzielt, auch mittels Projektionsapparaten den Schülern vorgezeigt werden können, bedarf keiner weiteren Erörterung.

Noch eines hochinteressanten Experimentes wollen wir Erwähnung thun. Stellt man in einem aus feinem Rohre oder Fischbein dargestellten Ringe durch Eintauchen in Seifenwasser feine Seifenmembranen dar, wie solche durch das Ausblasen von Seifenlösung in Form von Seifenblasen erhalten werden, und legt dieselben vorsichtig auf den in Fig. 246 abgebildeten Apparat oder stellt sie seitlich von dem Projektionsapparate so auf, dass sie mittels einer geeigneten rechtwinkeligen Spiegelung auf die weisse Wand des Auditoriums geworfen werden können, so zeigen dieselben, wenn man aus einer bestimmten Entfernung gegen solche singt oder spricht, die merkwürdigsten Schwingungen und für jeden Ton ganz bestimmte Interferenz-Farbenveränderungen. Mittels des Schwingens solcher Seifenmembranen und der aus denselben resultirenden Erscheinungen können die minimalen Schwingungen der Telephonplatten, sowie deren molekulare Veränderungen beim Fernsprechen erklärt werden.

Um die Longitudinal- und Vertikalschwingungen eines Tones graphisch durch den Projektionsapparat sichtbar zu machen und

gleichzeitig die Beweglichkeit der Schwingungen zu charakterisiren, bedient man sich in einen Rahmen gespannter beweglicher Zeichnungen, welche mittels des in Fig. 254 abgebildeten Apparates an den Projektionsapparat befestigt und mittels desselben an die Wand projizirt werden. Wird die in dem Bilde ersichtliche Kurbel rasch gedreht, so machen die Bilder auf der weissen Wand den Eindruck beweglicher Wellen. Man lässt derartige Figuren entweder photographisch durch geeignete Apparate, wie auf Seite 161 bis 173 beschrieben und abgebildet, oder graphisch auf berusste Platten aufzeichnen, welche man mit einer verdünnten Schellacklösung zur Fixirung überfluthet oder bestäubt. Eine solche Platte ist in Fig. 254 bei *B* abgebildet. In den aus Holz gearbeiteten Drehapparat *A*, welcher an seiner vorderen Fläche eine der Bildgrösse des Projektionsapparates entsprechende Oeffnung hat und an seinem hinteren Ende einen beweglichen Schlitten trägt, werden die Platten, deren man die verschiedensten anfertigen kann, eingelegt. Die einfachsten Formen akustischer Erscheinungen, mittels eines Projektionsapparats auf die weisse Wand geworfen, fördern den Unterricht in namhafter Weise. Die Reflexion der Wellen, die Bildung und Verbreitung der Schallwellen, die Klangfiguren, die Membranschwingungen, die Stimmgabelkurven, die Interferenzerscheinungen der Schallwellen lassen sich nach dieser Methode auf die anschaulichste Weise projiziren.

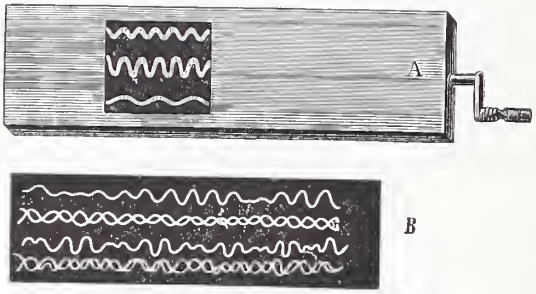


Fig. 254. Projektion von Tonschwingungen.

6. OPTIK.

Ein reiches Feld der Thätigkeit bietet das Kapitel der Optik. In erster Linie sind es die Grundlehren derselben, die Reflexion und Brechung in homogenen Medien, welche unsere Aufmerksamkeit in Anspruch nehmen. Professor Mach in Prag, dem wir so viele vortreffliche Unterrichtsapparate verdanken, hat das in Fig. 255 abgebildete Instrument angegeben, welches sich in hohem Grade auch für die Projektion eignet. Man gebe in einen abgerundeten Glastrog (Fig. 255) etwas dünne Salzlösung, welcher ein Tropfen Lösung von salpetersaurem Silber zugesetzt ist, und versehe solchen mit dem

in $b\,a\,S$ abgebildeten Instrumente, nämlich einem oben aufzusetzenden Theilkreise a mit dem Index b, einem Stabe, an dem der drehbare Planspiegel S befestigt ist und einem zweiten Stabe, welcher den Spiegel S^1 trägt. Dieser Apparat wird in den Projektionsapparat gesetzt und ein aus einem Spalt kommender scharfer Lichtstrahl mit dem Spiegel S in die Flüssigkeit geworfen, in welcher er je nach Stellung des mit S oder S^1 verbundenen Stabes in der verschiedensten Weise gebrochen wird, sodass man die Brechungserscheinungen bis zur totalen Reflexion bringen und solche den Schülern zeigen kann. Das Stäbchen b dient zur Messung der Brechungswinkel. Mit dem unteren Spiegel kann das Gesetz der Umkehrbarkeit des Strahlenwegs erläutert werden. Die in Fig. 256 sichtbare Vorrichtung dient dazu, um die scheinbare Verschiebung eines Objekts bei schiefem Durchtritt der Strahlen durch eine planparallele Platte zu zeigen Auf einer Spiegelglasplatte ist ein vertikaler Pfeil angebracht, vor welchem sich ein dicker planparalleler Glasstreifen S befindet. Liegt derselbe der Glasplatte fest an, so stellt das Bild des Pfeiles ein Ganzes dar, dreht man aber etwas an dem Glasstreifen, so rückt ein Theil des Pfeiles aus der Gesammtzeichnung desselben hinweg und erscheint gebrochen. Um die Totalreflexion des Lichts zu zeigen, dient der schon auf Seite 278, bei Gelegenheit der Form eines ausfliessenden Wasserstrahls besprochene und in Fig. 237 abgebildete Apparat. Wir sehen den gleichen Apparat in Fig. 257 (folgende Seite) dargestellt, um den Gang der Lichtstrahlen bei dem in Rede stehenden Experimente zeigen zu können. Die Anordnung des Apparates ist wie in Fig. 237. In H befindet sich das Wasser, bei $o\,o'$ die Kondensationslinsen und bei F die Ausflussstelle. Ist diese Ausflussstelle mit einem aufgeschraubten Glasfensterchen verschlossen, so gehen die Lichtstrahlen, nach B

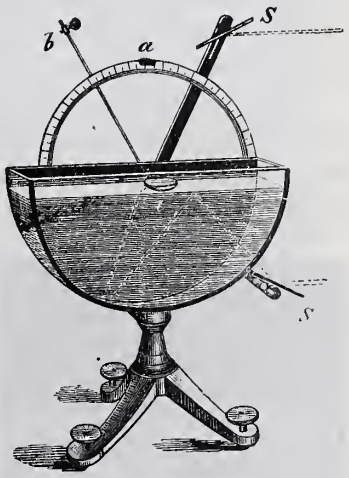


Fig. 255. Strahlenbrechung durch Flüssigkeiten.

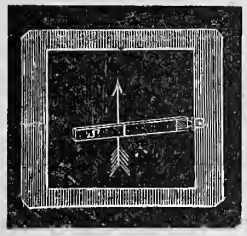


Fig. 256. Strahlenbrechung durch Glas.

divergirend, in gerader Richtung hindurch. Schraubt man aber das Fensterchen F ab, dass das Wasser ausfliessen kann, so werden die von $o\,o'$ kommenden Lichtstrahlen durch die von dem ausfliessenden Wasser gebildete Parabel total nach unten gebrochen und laufen mit dem Wasser selbst gleichmässig fort nach A. Einige Centimeter vor der Oeffnung herrscht vollkommene Dunkelheit, während an der Stelle, wo der Wasserstrahl aufschlägt, eine äusserst brillante, durch die mit Hilfe des leuchtenden Wasserstrahls nach unten gebrochenen Lichtstrahlen verursachte Erhellung des Bodens stattfindet.

Um Gegenstände in polarisirtem Lichte auf die weisse Wand zu werfen, dient ein besonderer Polarisations-Projektionsapparat. Wenn ein gewöhnlicher Lichtstrahl einen natürlichen Krystall, z. B. einen Kalkspath-Krystall, durchsetzt, so theilt er sich bekanntlich, es entsteht eine doppelte Refraktion. Den aus dem Krystall wiederum heraustretenden Zweigstrahlen hat man den Namen polarisirte Strahlen gegeben. Betrachten wir nun einen dieser beiden Strahlen durch einen zweiten Krystall oder durch ein aus zwei Stücken Kalkspath zusammengesetztes Prisma, das sog. Nicol'sche Prisma, das so eingerichtet ist, dass man es um seine Axe drehen kann, so tritt bekanntlich die merkwürdige Erscheinung ein, dass die polarisirten Strahlen abwechselnd vollkommen verlöschen, wenn das Nicol'sche Prisma um 90 Grad seiner Axe gedreht wordenist. Man sagt in diesem Falle, die betreffenden Strahlen sind rechtwinklig polarisirt. Auch Turmalinkrystalle halten sich bezüglich der Polarisation ebenso wie Kalkspathkrystalle. Werden derartige Krystalle in geeigneter Weise mit einem Projektionsapparate in Verbindung gesetzt, so ist es klar, dass man alle einschlägigen Experimente des polarisirten Lichts ebenso auf die weisse Wand des Auditoriums werfen kann, wie solche durch direkten Einblick in den Polarisationsapparat dem Auge eines Einzelnen erscheinen.

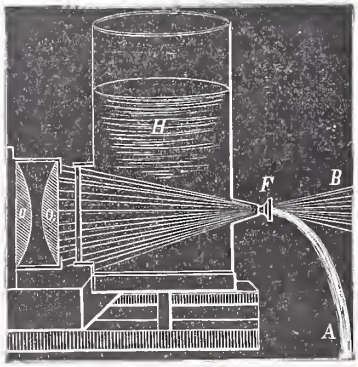


Fig. 257. Totalreflexion des Lichtes durch Wasser.

Fig. 258 zeigt uns die einfachste Vorrichtung, um Polarisationseffekte mittels zweier in Röhren eingeschlossener grosser Nicol'scher Prismen an die weisse Wand zu werfen. Links befindet sich die Projektionslampe, P ist der Polarisator und A der Analysator.

Zwischen O und L werden diejenigen Körper eingefügt, deren Einfluss auf die durchgehenden Lichtstrahlen untersucht werden soll. Eine ganz besondere Projektionslaterne für Polarisationszwecke ist in Fig. 259 im Durchschnitt abgebildet. Das Objektiv des Projektions-

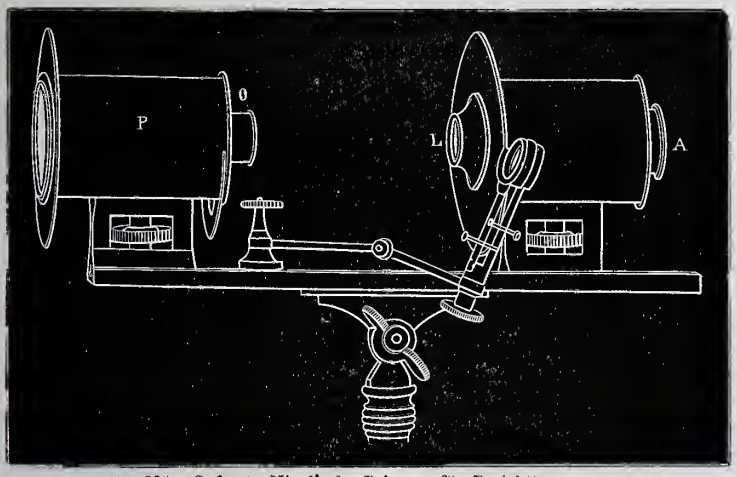


Fig. 258. Gefasste Nicol'sche Prismen für Projektionsapparate.

apparats besteht hier aus zwei in einem Winkel von 55 Grad 15′ aufeinander gelötheten weiten Röhren, die aus der unteren Seite ihres Brechungswinkels einen mit einer schwarzen Masse grundirten,

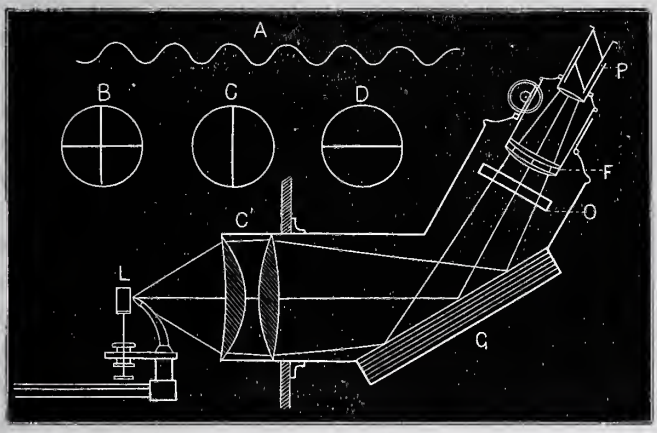


Fig. 259. Polarisations-Projektionsapparat.

aus einer grösseren Zahl von Glaslamellen zusammengesetzten Spiegel G tragen. L ist die Lichtquelle (Knallgas- oder elektrisches Licht), C sind die Kondensatoren. Das Licht fällt in einem Winkel von 33 Grad 25′ auf den Spiegel G und wird unter Polarisation reflek-

tirt. Hierauf geht das polarisirte Licht durch die Stelle *o*, wo verschiedene durchsichtige Objekte zur Depolarisation oder zur Farbenpolarisation eingefügt werden können. *F* ist das Objektiv, *P* der Polarisator. Man kann diesen Ansatz auch zum direkten Einblick oder zur direkten Untersuchung der Polarisationserscheinungen benutzen, wenn man das Objektiv *F* entfernt und vor *P* ein Okular setzt. Sollen mikroskopische Gegenstände im polarisirten Lichte erscheinen, wie z. B. Steinschliffe u. dgl., so wird ein kleineres Prismenpaar in der Weise in das am Projektionsapparate vorhandene Mikroskop gebracht, dass der Polarisator in die Okularröhre, der Analysator in die Oeffnung des Objekttisches eingesetzt und durch Drehung der beiden Prismen in bekannter Weise verfahren wird.

Einen für das Auge bestrickenden Effekt erhalten wir durch die sogenannte Kaleidoskop-Laterne. Das Jedem aus der Jugendzeit bekannte, von David Brewster erfundene Kaleidoskop besteht bekanntlich aus einem Metall- oder Pappdeckel-Cylinder, in dem der Länge nach zwei oder drei in einem Winkel von 30 Grad gegen einander gerichtete Spiegel oder Gläser angebracht sind, deren Seitenkanten demnach mit einander ein gleichschenkliges Dreieck bilden. Der Boden des Instrumentes, durch zwei parallel stehende runde transparente Glasscheiben gebildet, von denen die eine matt geschliffen ist und zwischen welchen sich kleine Stückchen farbigen Glases oder andere durchsichtige Gegenstände befinden, wird bei der Projektion durch Einschiebetröge ersetzt. Sieht man durch die entgegengesetzte Oeffnung des Instrumentes, so erscheint eine mehr oder weniger originelle symmetrische Figur, welche durch die Vervielfältigung der zwischen den Spiegeln liegenden Bilder erzeugt wird. Bei Drehung des Apparates ändert sich die Stellung der darin befindlichen Gegenstände zu einander und hiermit auch das künstliche Bild — ein allbekanntes Kinderspielzeug. Setzen wir nun zwischen das Objektiv und die Kondensatoren eines Projektionsapparates eine ähnliche Röhre *A* (Fig. 260), welche zwei, wie bei *C* gegen einander gestellte spiegelnde Flächen enthält und schieben wir an die Stelle der Projektionsglasbilder den Glastrog *B*, welcher kleine Glasstückchen oder andere beliebige Gegenstände enthält, die durch Vermittelung der Kurbel *r* fortwährend durcheinander geworfen werden, so erscheint auf der gegenüberliegenden weissen Wand *D* ein grosses kaleidoskopisches, sich fortwährend veränderndes Bild, ähnlich wie wir das bei direktem Einblick in das mehr erwähnte physikalische Instrument zu sehen gewöhnt sind. Bei

diesen Darstellungen ist es gut, wenn das Licht nicht im Centrum der Beleuchtungslinse, wie S. 235 als unumgängliches Bedürfniss einer guten Projektion bezeichnet, sondern etwas höher steht, wie in Fig. 260 bei *L* zu sehen.

Mit anderen Apparaten, sowie durch Photogramme lasssen sich weitere Erscheinungen, betr. Zerstreuung des Lichtes, die Wirkungen des Mikroskops, des Auges, der Fernrohre, der Irradiation, der Spektralanalyse etc. prächtig nachweisen. Noch einige wenige Beispiele mögen das erläutern.

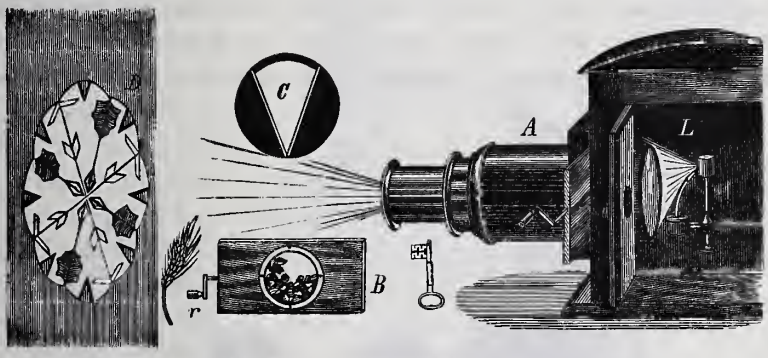


Fig. 260. Projektions-Kaleidoskop.

Dass eine Farbe mit ihrer Komplimentärfarbe weiss erzeugt, oder dass die Regenbogenfarben, wenn sie zusammengemischt werden, die weisse Farbe ergeben, wird sehr hübsch mit dem einfachen, in Fig. 261 abgebildeten kleinen Apparate dargestellt. Hierzu gehört ebenfalls der Horizontalapparat Fig. 246. An der Stelle, wo dort die Magnetnadel aufgelegt ist, wird hier die Glasplatte befestigt, welche mit einem mit ausgeschliffenen Rändern versehenen runden scheibenförmigen Körper aus Glas verbunden ist. Um die Scheibe, und zwar in die Rinnen, wird ein Faden mehrfach herumgelegt. Auf das Scheibchen werden je nach Belieben Transparentfarben aufgemalt, die man durch Wegwischen mit Alkohol verändern kann. Ist das geschehen, so wird, während das Instrument im Projektionsapparate sich befindet, ebenso wie bei der Bewegung eines Kreisels, der Faden rasch angezogen, um die Scheibe ins Rotiren zu bringen. Durch diese Rotation entstehen an der Wand des Auditoriums, je nachdem man die Farben aufgetragen hat, die Erscheinungen der verschiedenen Farbenmischungen bis zum Weiss.

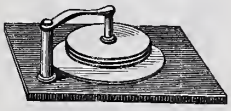


Fig. 261. Scheibenrädchen für Farbemischung.

Man kann die Experimente der Dispersion des Lichtes, wie sie Tyndall beschrieben hat und wie solches an grossen Lehr-Instituten, welche die zugehörigen Apparate besitzen, auch bewerkstelligt zu werden pflegt, mittels der Projektionsapparate in herrlicher Weise ausführen. Unsere Fig. 262 zeigt den hierher gehörigen Grundversuch. Vor den Kondensatoren des Projektionsapparates, in welchem ein elektrisches Licht sprüht, wird eine spalttragende, sonst undurchsichtige Scheibe angebracht; vor dieser befindet sich das Objektiv und davor ein an einem aufrecht stehenden Brette befestigtes drehbares Prisma. Die Apparate sind nach Belieben zu verschieben. An der weissen Wand zeigt sich, wenn kein Prisma vorgeschoben, das aus dem Apparate kommende weisse Licht, durch das Prisma

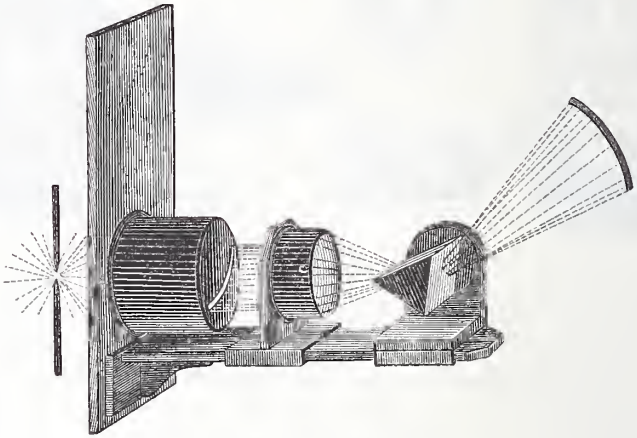


Fig. 262. Projektion des Sonnenspektrums.

aber wird es in seine Grundfarben vom Roth bis zum Violett zerlegt. Je nach der Form, welche man dem vor den Kondensatoren ersichtlichen Schlitze giebt, kann man der Projektion eine gestreckte oder eine bogige Form verleihen. Letztere hat alsdann die Form eines Regenbogens. Ebenso wie mittels des Prismas das weisse Licht in seine Grundfarben zerlegt wird, kann auch die Synthese desselben gezeigt werden. Nachdem, wie das nach Tyndall in Fig. 263 ersichtlich ist, ein Spektrum mittels des Prismas P erzeugt wurde, stellt man einen mit einem länglichen Spalt versehenen Schirm — in der Abbildung weggelassen — vor die eine Seite des Prismas. Die aus dem Spalt hervorkommenden farbigen Strahlen müssen nun eine cylindrische Linse C passiren, welche das Bild des Spektrums wieder zusammendrängt. Wird durch eine vorgehaltene Karte ein

Theil der farbigen Strahlen von der Linse *C* abgehalten, so ist man im Stande, auf der Projektionswand die Mischfarben der restirenden Strahlen mittels der Linse *C* zu erzeugen. Wird mittels eines zweiten Prismas *W* ein weiterer Theil der Strahlen gesammelt und auf die Projektionswand abgezweigt, so lassen sich durch dasselbe wiederum die einzelnen Farben aus dem durch die Sammellinse *C* erhaltenen Weiss herausbilden. Die Experimente, welche man mit dem in Fig. 263 abgebildeten Apparatenkomplex erzielen kann, sind von grosser Zahl und würde es uns hier zu weit führen, auf alle Möglichkeiten und Einzelnheiten der Konstellation der jeweiligen Nebenapparate zurückzukommen. Wir verweisen dieserhalb auf das herrliche Werk Tyndall's.

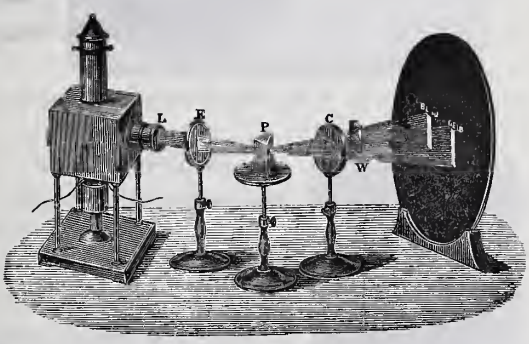


Fig. 263. Tyndall's Universalapparat zur Zerlegung des Lichts und zur Erzeugung von Mischfarben.

Die scheinbaren Aenderungen in der relativen Lage gerader Linien, welche durch ein zweites System schiefliegender Linien gekreuzt werden, lassen sich durch zwei gezeichnete oder photographirte Glasplatten (Fig. 264) recht hübsch an der weissen Wand des Auditoriums zeigen. Die parallelen Linien werden auf die seitlich einzuschiebende Platte gezeichnet und die schiefstehenden Linien auf die zweite Platte, welche von oben eingeschoben wird. Sobald die beiden Platten hintereinander stehen, erscheinen bekanntlich die geraden Linien nicht mehr parallel, sondern in schiefem Winkel gegen einander geneigt. Wird die zweite Platte nur halb eingeschoben, so erscheinen an der Stelle, wo solche abgrenzt, die parallelen Linien vollkommen geknickt.

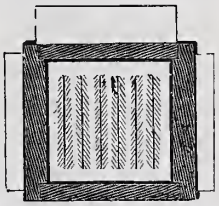


Fig. 264. Optische Täuschung mit parallelen Linien.

Ein sehr einfaches und hübsches Experiment, um die Permanenz der Eindrücke auf die Netzhaut des Auges nachzuweisen, wird mit dem Apparate Fig. 265 dargestellt. In einen ausgebohrten Holzklotz ist eine mit verschiedenen Löchern versehene Zinkscheibe eingelassen. Steht dieselbe ruhig und erscheint sie auf der Projektionswand, so sieht man nichts als eine Zahl konzentrisch geordneter

weisser Punkte, wird jedoch die Zinkscheibe mit den Fingern rasch rotirt, so erscheinen an Stelle der Punkte prächtige Lichtkreise.

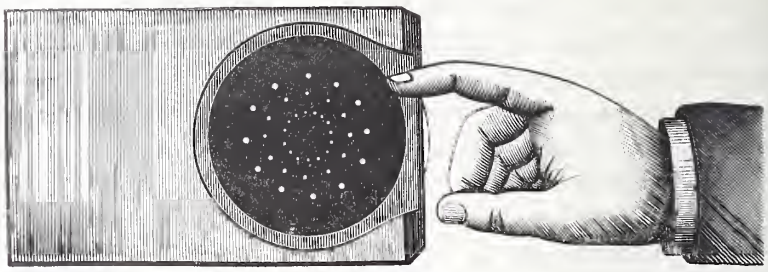


Fig. 265. Permanenz der Netzhauteindrücke.

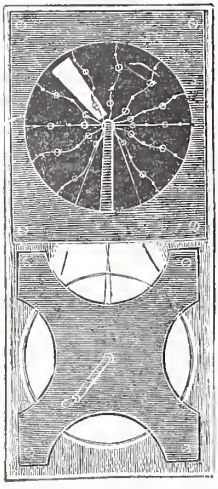


Fig. 266. Projektions-Stroboskop von Stöhrer.

In gleicher Weise kann man noch die verschiedenartigsten übrigen optischen Täuschungen mittels der Projektion veranschaulichen, so die Wirkung stroboskopischer Scheiben und anorthoskopischer Zeichnungen. Ein Apparat, welcher sich hierzu eignet, ist in Fig. 266 dargestellt. An dem links oben im Mittelkreise des Bildes ersichtlichen ruhenden Spalte werden rasch eine Anzahl in verschiedener Stellung befindlicher Abbildungen vorübergedreht, welche einen sich periodisch drehenden Körper in verschiedenen Formen der Bewegung darstellen. Diese verschiedenen Stellungen der beweglichen Körper sind auf unserem Modelle durch Ringchen und Punkte dargestellt. Die Bewegung wird mittels der am unteren Theile des Bildes ersichtlichen Kurbelvorrichtung bewerkstelligt.

7. SPEKTRALANALYSE.

Auch zu Spektralversuchen eignen sich die Projektionsapparate in vorzüglichster Weise, wie wir auch schon im ersten Bande Seite 58 bis 62 erwähnten. Beispielsweise wollen wir die Darstellung des Spektrums einer Natriumlinie und deren Umkehrung an dieser Stelle wiederholen.

„Wenn ein zwischen zwei mit Kochsalzlösung getränkten Kohlenspitzen hervorgerufenes elektrisches Licht durch die Spaltvorrichtung *E* (Fig. 267) auf einen Schirm geworfen wird, so erzeugt sich durch Vermittelung des Prisma *P* ein continuirliches Farbenspektrum mit

der gelben Natriumlinie. Stellt man aber zwischen das Prisma und die elektrische Lampe eine Heizvorrichtung G, mittels welcher man ein Körnchen in einem Löffelchen l befindlichen Natriums verdampfen lässt und geht dann das elektrische Licht durch diese Natriumdämpfe hindurch, so wird auf dem Schirme im Spektrum $r\,v$ eine schwarze Linie erscheinen, welche die durch den Natriumdampf bedingte Absorptionslinie D darstellt. Die in der Zeichnung sichtbare Linse L dient zur Konzentration der Strahlen, der Schirm S zur Abhaltung des hellen Seitenlichtes von der Projektionswand."

Eine zu spektralanalytischen Versuchen sehr brauchbare elektrische Lampe, welche sich auch zu photographischen Zwecken vor-

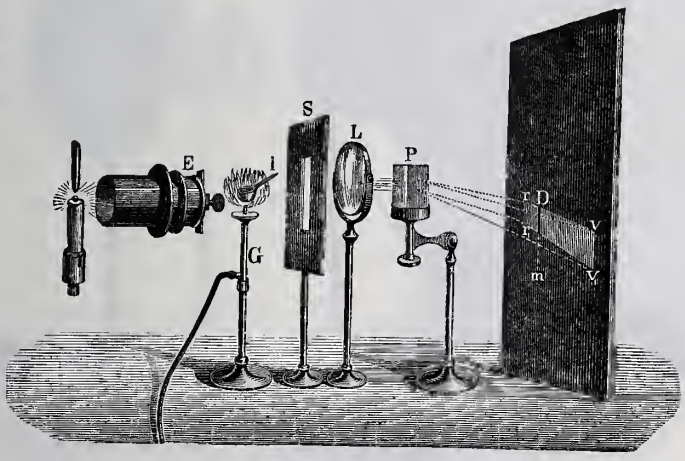


Fig. 267. Objektive Darstellung der Natriumlinie (nach Schellen).

züglich eignet, ist in Fig. 268 dargestellt. Diese besteht aus dem von Dubosq konstruirten Regulator für das elektrische Licht und ist von einem Gehäuse aus Eisenblech umgeben, welches an seiner vorderen Seite eine Oeffnung besitzt; in diese kann man sowohl die zu Spektralversuchen nöthige, im oberen Theile der Figur besonders abgebildete Spaltvorrichtung, als auch eine mit kleineren Oeffnungen versehene Scheibe einfügen. Die Lichtstrahlen werden von einem im Inneren des Blechkastens angebrachten Hohlspiegel auf den vor dem Apparat stehenden weissen Schirm geworfen, nachdem sie. gemäss der auszuführenden Spektraldarstellung, durch verschiedenartige, auf einem Gestelle befindliche Prismen in ihre Spektralfarben zerlegt worden sind. Die in unserer Figur abgebildeten dreiseitigen Flaschen

stellen hohle prismatisch geformte Glasgefässe dar, welche stark lichtbrechende Flüssigkeiten, z. B. Schwefelkohlenstofflösung, enthalten. Ein mit derartigen Substanzen gefülltes Prisma giebt ein

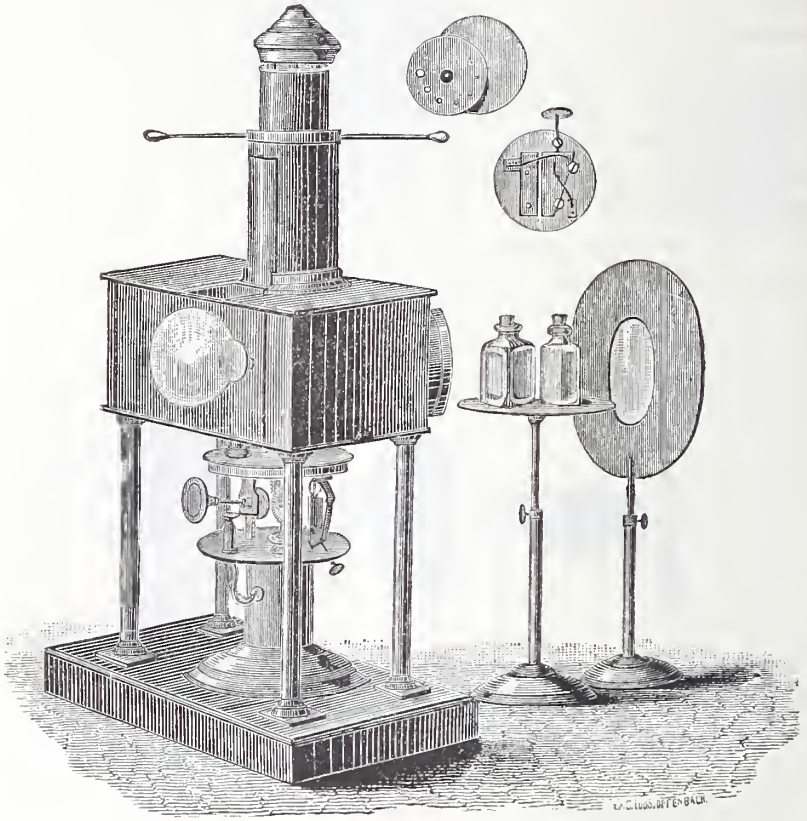


Fig. 268. Dubosq'sche elektrische Lampe zu Spektralversuchen.

sehr langes Spektralbild, welches durch ein zweites in einem Winkel von 90 bis 100 Graden angeschobenes Schwefelkohlenstoff- oder Flintglasprisma noch mehr in die Breite gezogen werden kann.

8. CHEMISCHE EXPERIMENTE.

Um die chemischen Vorgänge in horizontal stehenden Flüssigkeiten einem grossen Zuschauerkreise vorführen zu können, hat der englische Gelehrte Ferguson einen besonderen Apparat (Fig. 269) angegeben. *L* ist die Kollektivlinse einer Projektionslampe, *M* ein Spiegel, welcher im Winkel von 45 Grad geneigt ist, um die von

unten kommenden Lichtstrahlen nach oben zu lenken, *s s* eine rundliche Glasschale, *l* ein photographisches Objektiv, *m* ein zweiter Spiegel, welcher im Winkel von 45 Grad geneigt ist und die von unten nach oben kommenden Strahlen wieder in horizontale Richtung bringt und auf die Projektionswand wirft; *b* ist ein kleines Glasgefäss, in welches verschiedene chemische Lösungen gegossen werden. Durch eine gebogene Röhre gelangen dieselben tropfenweise in die Flüssigkeit der Schale *s s* und erregen daselbst je nach ihrer Natur chemische Reaktionen, Wellenbewegungen oder Krystallbildungen, welche in demselben Augenblicke infolge der angegebenen spiegelnden Vorrichtungen auf der Projektionswand zu entstehen scheinen.

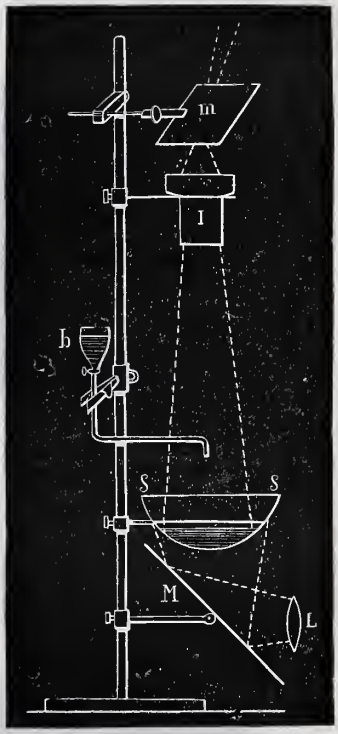


Fig. 269. Projektionsvorrichtung für chemische Analysen.

Herrliche Krystallisationsbildungen sind auch mit den verschiedensten Salzen auf einfachen Glasplatten für Projektionsapparate erhältlich. Man kann zu diesem Zwecke solche Platten sofort in den Horizontalapparat einsetzen, nachdem man sie mit der gewünschten Salzlösung übergossen hat. Die Wärme der aus der Lichtquelle kommenden Strahlen bewirkt Verdunsten der Lösung und demgemäss das interessante Anschiessen der Krystalle. Geeignete Salzlösungen für diese Versuche sind Kochsalz, Salicylsäure, schwefelsaures Kupfer, Salmiak u. dgl.

b) PROJEKTION MIKROSKOPISCHER GEGENSTÄNDE.

1. APPARATE FÜR SCHWACHE UND MITTELSTARKE VERGRÖSSERUNG.

Weitgehende und ausgebreitete Verwendung hat die Projektionslampe zur direkten objektiven Darstellung mikroskopischer Präparate gefunden. Je nachdem stärkere oder schwächere Vergrösserungen erzielt werden sollen, müssen Linsen geringerer oder höherer Systeme selbstverständlich benutzt werden. Das einfachste Projektionsmikroskop besteht darin, dass das gewöhnliche Objektiv des Projektionsapparats abgeschraubt und an dessen Stelle vor die Kondensations-

linsen *c* (Fig. 270) ein kleines mit einer Hülse versehenes Vergrösserungsobjektiv *o* gebracht wird, hinter welchem sich ein Spalt *s* befindet, um die Präparate einzuschieben. Eine solche Vorrichtung eignet sich besonders für die Darstellung von Insekten oder lebenden Wasserthieren.

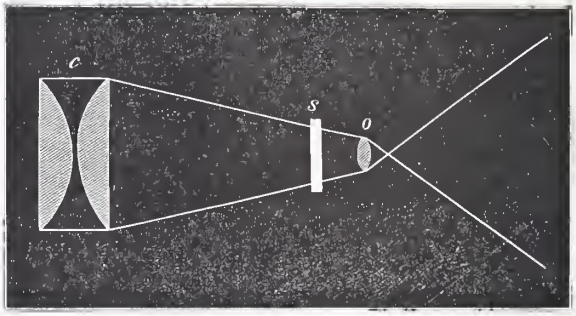


Fig. 270. Strahlenbrechung im Projektionsmikroskope.

Fig. 271 zeigt eine derartige einfache Einrichtung im Durchschnitt: Die Lichtquelle *L*, in unserem Beispiele Drummond'sches Kalklicht, *C* das kondensirende Linsensystem, *D* der Schlitten, in welchen die transparenten Photographien zur Vergrösserung eingeschoben werden können, falls man den Apparat als Laterna magica benutzen will, *E* die Stelle, an welcher das Objektivsystem angeschraubt wird, *EF*

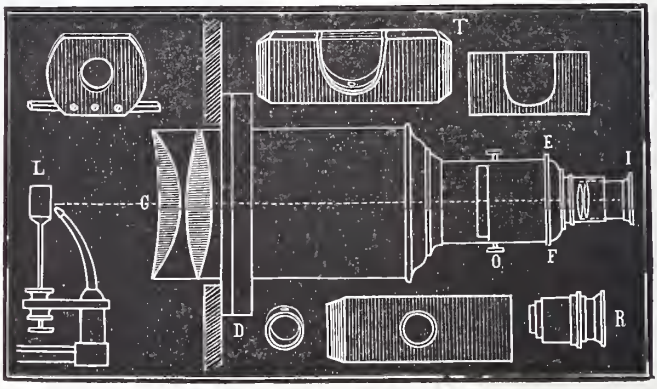


Fig. 271. Projektionsmikroskop für schwache Vergrösserung mit Drummond'schem Kalklichte.

ein für mikroskopische Zwecke kombinirtes Röhrensystem, *O* der Objekttisch, auf welchem transparente Präparate mittels Klammern befestigt werden, *I* das vergrössernde, bei *R* besonders abgebildete Objektivsystem, *T* ein transparenter kleiner Glastrog, um in demselben lebende Wasserthiere, Infusorien, Algen, kleine Insekten,

lebende Moose u. dergl. zur Darstellung zu bringen. Die Einstellung des Bildes geschieht durch das Verschieben des Objekts oder des Objektivs. In Fig. 272 sehen wir dieselbe Vorrichtung in perspektivischer Ansicht. Die Objekte werden in der Weise auf den

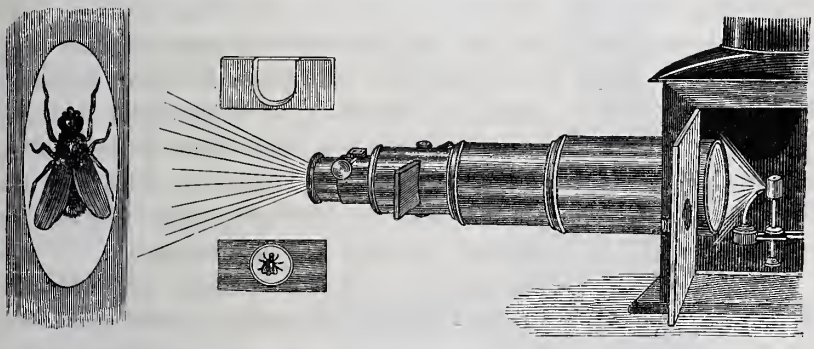


Fig. 272. Projektionsmikroskop (Fig. 271) für schwache Vergrösserung in perspektivischer Ansicht.

Objekttisch befestigt, dass solche in einen der Tröge *T* (Fig. 271) gebracht, dieser in den Spalt *o* eingeschoben und mittels der bei *o* ersichtlichen Klemmen auf den Objekttisch gedrückt wird. Um stärkere Vergrösserungen zu erzielen, muss ein vollständiges Mikro-

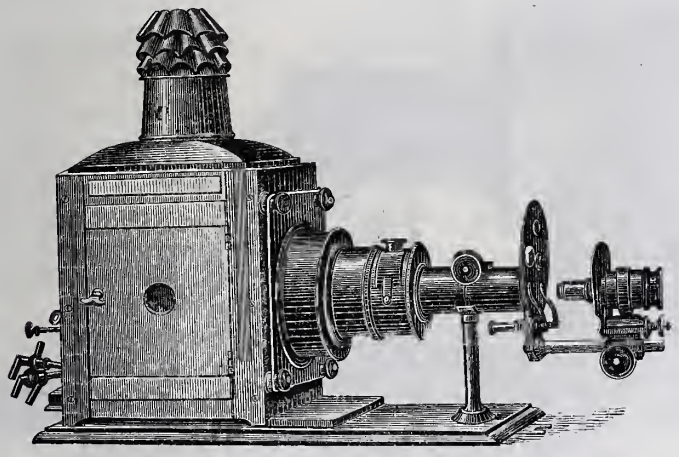


Fig. 273. Gas-Projektionsmikroskop für mittelstarke Vergrösserungen.

skop ohne Beleuchtungsspiegel (Fig. 273) an dem Projektionsapparat befestigt werden. Wir haben alsdann hier ein wirkliches Projektionsmikroskop, das infolge der Intensität seines Lichtes (Kalklicht oder elektrisches Licht) dem direkt zu benutzenden Mikroskope an Wirk-

samkeit für schwache Vergrösserungen nicht nachsteht. Rechts wird ein Mikroskop an Stelle des gewöhnlichen Objektivs aufgesetzt. Hinter den Objektivlinsen befindet sich ein mit Klemmschrauben versehener Objekttisch. Die enorme Hitze, welche bei derartigen Apparaten auf die Objekte ausstrahlt und solche leicht zerstört, kann dadurch neutralisirt werden, dass man um den Objekttisch herum ein Rohr legt, in dem perpetuirlich aus einem hoch hängenden Irrigator kommendes Wasser kreist. Auch eine zwischen die Lichtquelle und das Objektiv gestellte konzentrirte Alaunlösung oder, wenn zu beschaffen, ein glasheller durchsichtiger Alaunerystall, absorbirt ebenfalls die Hitze, ohne der Lichtintensität merklich Eintrag zu thun. Wir werden auf diesen wichtigen Umstand nochmals zurückkommen.

Solche Apparate genügen für die Verwendung von Objektivlinsen, welche mit einem gewöhnlichen Mikroskope unter Benutzung der üblichen Okulare eine Vergrösserung von ca. 100 linear geben.

2. APPARATE FÜR STARKE VERGRÖSSERUNG.

Für die Verwendung stärkerer Objektivsysteme bei Projektionsmikroskopen hat Dr. Hugo Schröder (früher in Hamburg, jetzt in London) ein Bildmikroskop hergestellt, welches Dippel in seinem Werke über das Mikroskop beschreibt und abbildet.

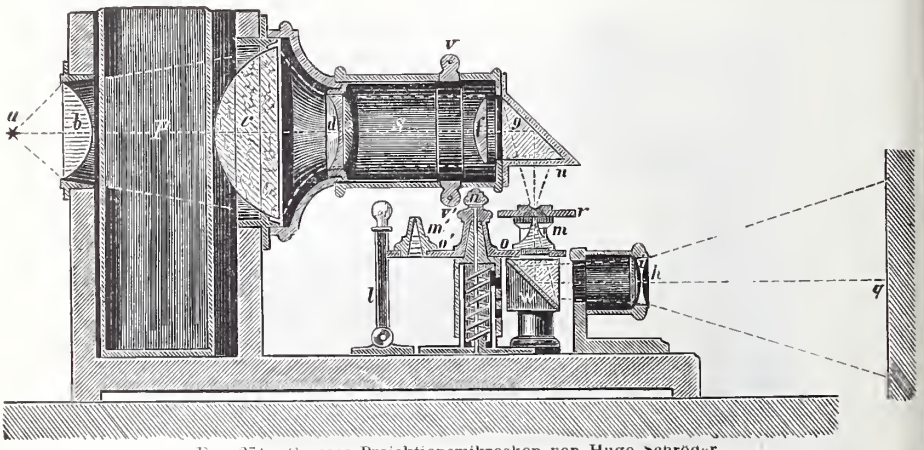


Fig. 274. Grosses Projektionsmikroskop von Hugo Schröder.

„Das betreffende Instrument (Fig. 274) besteht aus einem umfassenden Beleuchtungsapparate *a b c g* und dem mikroskopischen Objektive *m*. Das Licht eines weissglühenden Kalkkegels oder elektrisches Kohlenlicht gelangt von *a* nach *b* und *c*, zwei plankonvexen Linsen aus Crownglas, zwischen denen sich die zur Ausscheidung

der schädlichen Wärmestrahlen dienende, mit Alaunlösung gefüllte Zelle *p* befindet. Das hier konzentrirte Licht gelangt nach dem mit Kanadabalsam verkitteten Linsensysteme *d e*. Dieses System ist so aus Crown- und Flintglas zusammengestellt, dass die konvergenten Strahlen parallel gemacht und auf die Sammellinse *f* geworfen werden. Von hier fallen dieselben auf ein versilbertes Crownglasprima *g* und werden von diesem senkrecht nach abwärts auf das auf dem Tische *r* liegende Objekt, durch die Linse *f* konzentrirt, geworfen. Die Objektivsysteme *m m*, von denen sechs auf einer runden Scheibe angebracht sind. welche durch Vermittelung eines Hebels *l* auf dem Revolverschieber *o o* unter das Objekt beliebig eingeschaltet und gewechselt werden können, entwerfen nach unten ein Bild, welches durch das Prisma *w* um 90 Grad abgelenkt und durch den vor dem Prisma befindlichen, als

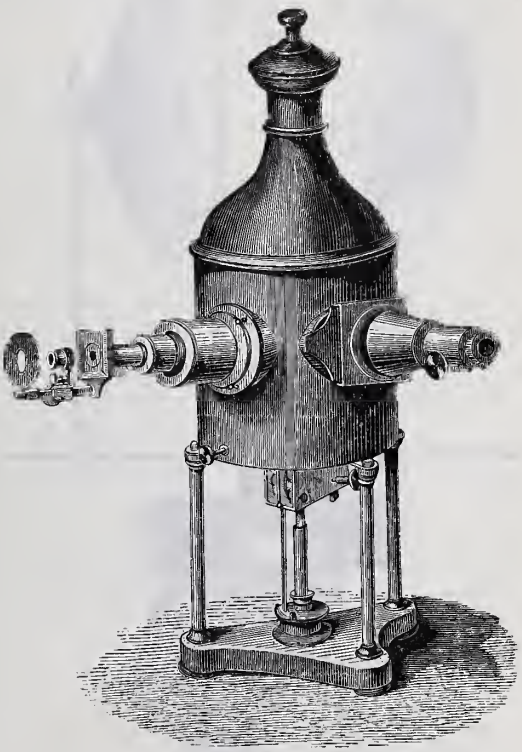


Fig. 275.
Dubosq's Vergrösserungsapparat mit elektrischem Licht.

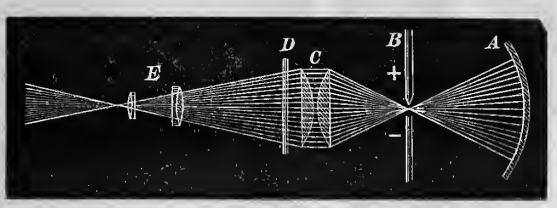


Fig. 276. Strahlengang in Dubosq's Vergrösserungsapparat mit elektrischem Licht.

Okular dienenden Apparat *i* auf die Projektionswand *g* als objektives Bild geworfen wird. Die feine Einstellung wird an der Mikrometerschraube *n* bewerkstelligt; bei *v v* wird die Sammellinse *f* im Ver-

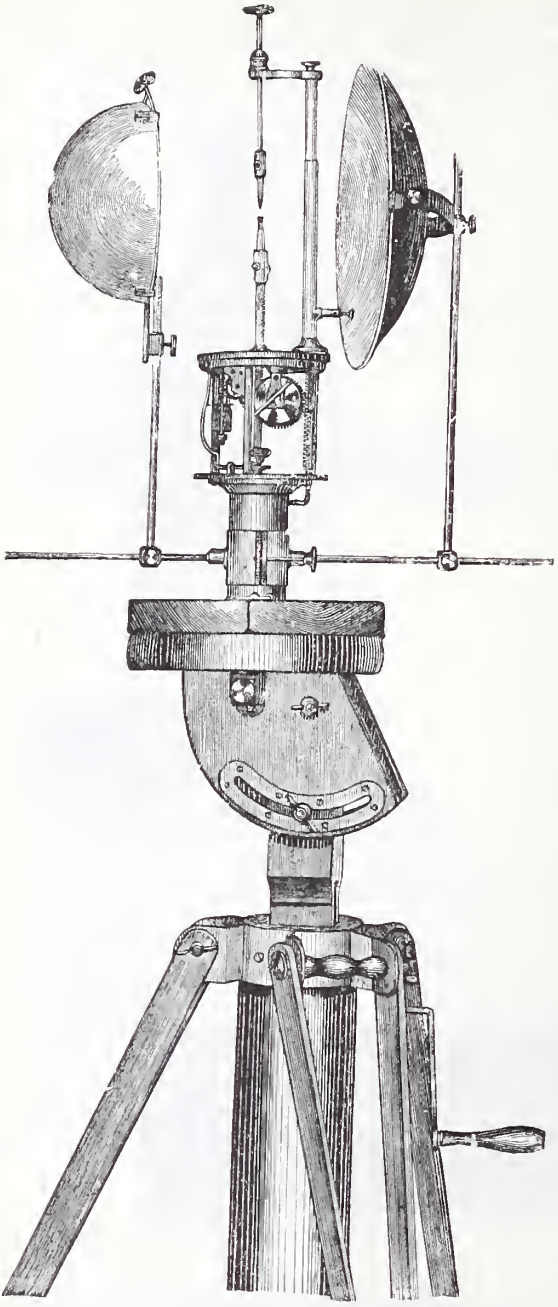


Fig. 277. Dubosq'sche Lampe mit Beleuchtungsspiegel und Reflektor (in den Apparaten Fig. 268 und 275 enthalten).

hältniss zu der Grösse des zu beleuchtenden Gesichtsfeldes so lange verschoben, bis letzteres gleichmässig erhellt ist."

Sehr im Gebrauche zu mikroskopsichen Projektionen ist insbesondere in Frankreich der Vergrösserungsapparat von Dubosq. Derselbe besteht aus einem auf drei oder vier Säulen ruhenden, schwarz gebeizten kupfernen Kasten (Fig. 275), in dessen Mittelpunkt die Fig. 277 abgebildete Dubosqsche Lampe angebracht ist. Die Kohlenspitzen (*B*, Fig. 276) werden mittels eines Uhrwerkregulators bewegt. In der Wand des kupfernen Gehäuses sind ebenso wie bei den schon mehrfach geschilderten Projektionsapparaten die Beleuchtungslinsen (Kondensatoren) *C* angebracht; vor denselben wird auf dem Objekttische *D* das Präparat befestigt, welches durch das Linsensystem *E* zur objektiven Bildgebung vergrössert wird.

Der kupferne Kasten trägt noch ein zweites, sowie ein hinten befindliches drittes Linsensystem, um rasch durch das Drehen des Gehäuses stärkere oder schwächere Vergrösserungen benutzen zu können, ohne erst ab- und anschrauben zu müssen.

In Fig. 277 sehen wir eine solche Duboscq'sche Lampe frei ohne Gehäuse mit ihrem Reflektor und einer vor dem Lichtpunkte angebrachten Beleuchtungslinse gezeichnet.

Auf der im Jahre 1886 zu Berlin stattgehabten 59. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte machte ein Projektionsmikroskop grosses Aufsehen, welches Professor S. Stricker aus Wien vorführte, über das aber schon im Jahre 1884 von Dr. G. Gärtner in den medizinischen Jahrbüchern der Gesellschaft der Aerzte zu Wien berichtet worden war. Das durch seine Einfachheit und vorzüglichen Leistungen hervorragende Instrumentarium ist von der bekannten Wiener Firma S. Plössl & Comp. dargestellt. Dasselbe besteht aus einer grossen hölzernen Camera (Fig. 279), einer elektrischen Lampe und dem Bildmikroskope. Die elektrische Bogenlampe kann ihren Strom sowohl von einer grossen Batterie, als auch von einer Dynamomaschine, wie das in dem Wiener physiologischen Institute geschieht, erhalten. Die Leuchtkraft der Lampe beträgt für starke Vergrösserungen gegen 2500 Normalkerzen. Dieselbe ist genau so konstruirt, wie der in Fig. 278 abgebildete elektrische Handregulator von Sautter-Lemonnier, welcher für die Projektions-Beleuchtung feindlicher Kriegsschiffe schon seit mehreren Jahren eine grosse Rolle spielt. Der Regulator (Fig. 279 *L*) besteht ebenfalls aus einer Spindel, auf welche ein doppeltes Schraubengewinde *m* und *m'* eingeschnitten

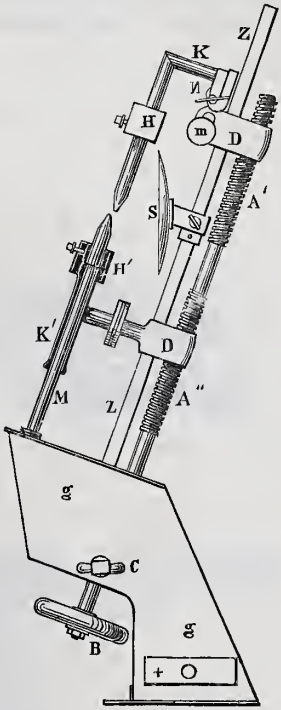


Fig. 278. Elektrischer Handregulator von Sautter-Lemonnier. g g Ständer, A' Spindel für die positive Kohle, A'' Spindel für die negative Kohle, B Schraubengriff zur Regulirung der Kohlen, C Centrirungsvorrichtung für die in dem Stative g hin- und herverschiebbare Lampe, D D Muttern zur Bewegung der Kohlen K K', Z Z quadratische Führungsstange für die Kohlenhalter, H H' Kohlenhalter, in welche die Kohlenstäbe eingesetzt und mittels Klemmen festgehalten werden, M Leitungsstange zu dem negativen Pole, N Hebel zur Rechts- oder Linksschiebung der oberen Kohle, S Schirm aus geschwärztem Messingblech, dessen Mittelpunkt die Höhe der optischen Axe des Apparats fixirt.

ist. Die oben rechtsläufige und unten linksläufige Schraube verhalten sich in Bezug auf ihre Fortbewegung wie 2 : 1 gemäss dem ungleichmässigen Abbrennen der beiden Kohlenstifte und werden bei *A* regulirt. Die Klemmen *K K'* (Fig. 279) tragen die Kohlenstäbe,

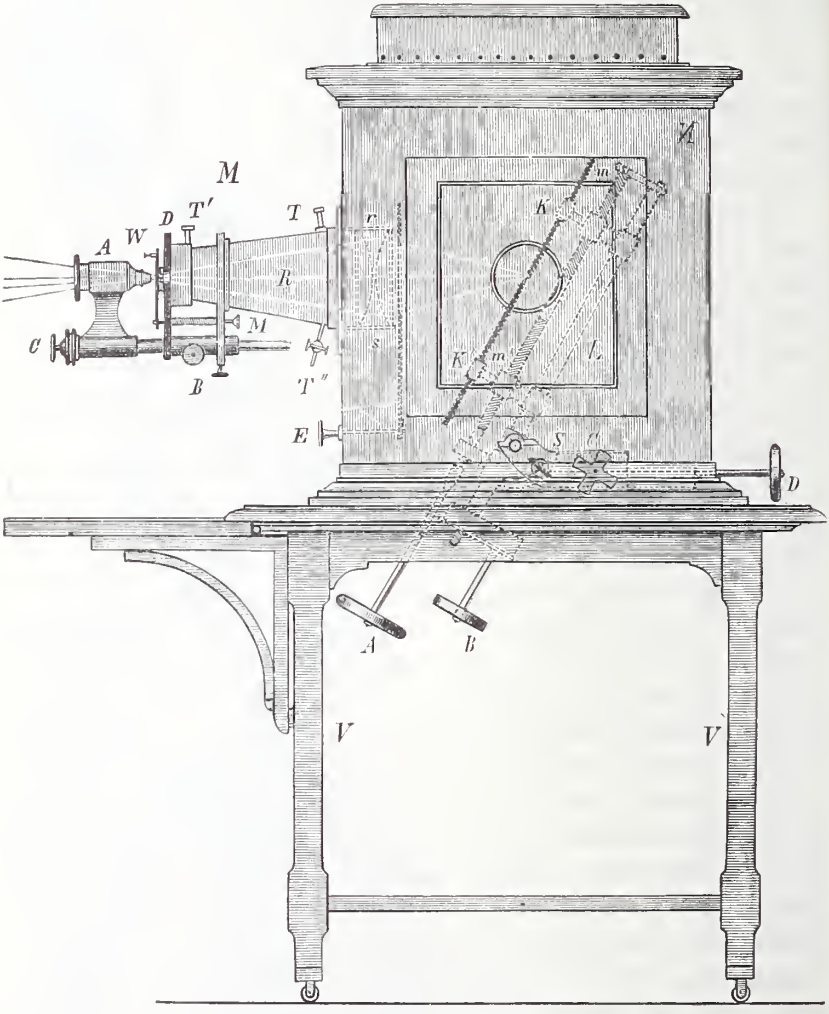


Fig. 279. Plössl's grosses Projektionsmikroskop.

die Schraube *B* dient zum Heben und Senken der Lampe, während die Schraube *C* zum Verschieben derselben nach rechts und links, die Schraube *D* zum Fortbewegen des Handregulators nach vorn oder rückwärts bestimmt ist. Der Kasten *N* ist aus Eichenholz gefertigt, 45 cm breit, 74 cm lang und 90 cm hoch. Die Seiten sind mit

grossen Thüren und runden, mit rothen Scheiben ausgefüllten Sehöffnungen versehen. Infolge der Grösse des Kastens werden dessen Wände nur wenig erhitzt. Zudem sind oben und unten Oeffnungen angebracht, damit Luftzirkulation stattfinden und die heisse Luft nach oben entweichen kann. Die Camera N ist auf einen mit einer Klappe versehenen Rolltisch $V\,V$ fest aufgeschraubt. Die an dem Kasten N vorne angebrachte Schraube E dient zur Verschiebung einer hinter der Beleuchtungslinse befindlichen Blendung. Die Blendungen von verschiedener Grösse sind in die Drehscheibe D eingeschnitten. Die Präparate werden durch die Scheibe W mittels des federnden Halters M festgehalten und ist auch bei W eine Vorrichtung angebracht, um lebende Präparate unter dem Einflusse eines schwachen elektrischen Stromes beobachten zu können. Bei S befindet sich eine Flügelschraube, mittels deren die Lampe in beliebiger Neigung fixirt wird. Zwischen den Beleuchtungslinsen (Kondensatoren) $r\,s$ und dem Mikroskope M ist ein konischer Behälter R angebracht, der immer mit Wasser gefüllt ist, um ausstrahlende Wärme zu absorbiren und demgemäss die Präparate vor Zerstörung zu wahren. Bei $T\,T'$ wird dieses hermetisch schliessende und sehr exakt gearbeitete Wassergefäss gefüllt, bei dem Hahne T'' kann das Wasser abgelassen werden. Auch ist es mittels dieser Vorrichtung möglich, bei übermässig grosser Wärmeentwickelung einen perpetuirlichen Wasserstrahl mittels anzuschraubender Gummischläuche durch das vollkommen gefüllte Gefäss R gehen zu lassen, um solches fortwährend auf gleicher Temperatur zu erhalten. Die Länge der Wassersäule R beträgt ca. 30 cm, die vordere und hintere Wand des Wasserreservoirs sind aus planparallelen Spiegelgläsern hergestellt.

Das Mikroskop selbst entspricht in seinem Baue vollständig dem in Fig. 282 abgebildeten Instrumente. Es ist ein mit vorzüglichen achromatischen Linsen versehenes Sonnenmikroskop. A stellt den Tubus zum Anschrauben der Objektive dar, B ist der Trieb zum groben Einstellen, C die Mikrometerschraube, D ist eine vor dem Objekte je nach Bedarf anzubringende Blende. Bei den Experimenten, welche mit dem Plössl'schen Bild-Mikroskope zu Wien angestellt worden sind, hat sich herausgestellt, dass bei Benutzung der Kühlvorrichtung es überflüssig ist, dem Wasser noch Alaun (vgl. S. 302) zuzusetzen.

Die Lampe wird in den Kasten N schief gestellt, weil der das meiste Licht gebende Krater an der oberen Kohle sich befindet und durch die Schiefstellung des Apparates sein Licht seitlich abgiebt, während bei gerader Stellung das Licht nach unten geworfen würde.

Die Polklemmen für die Stromzuleitung sind ausserhalb an dem Kasten angebracht und gelangt der Strom durch Schleiffedern in geeigneter Weise an die elektrische Lampe. Durch die verschiedenartige Hin- und Herbewegung des Lichtpunktes wird der auf das Objekt fallende Lichtkegel in einer dem Brennpunkte näheren oder entfernteren Stelle durch das Präparat abgeschnitten. Je grösser die Präparate sind, desto kürzer wird der Lichtkegel, desto grösser die Fläche des Kegelschnitts und desto geringer darf die Intensität der Beleuchtung sein; je kleiner aber die Präparate sind, je stärker infolgedessen die Vergrösserung sein muss, um so länger wird der Lichtstrahl werden müssen und um so kleiner, aber auch heller die Abschnittsstelle des Lichtkonus, welcher das Präparat zu beleuchten hat. Die betr. Vorrichtungen machen es möglich, selbst mit den stärksten Immersionssystemen hinreichend lichtstarke Bilder auf der weissen Wand des Auditoriums zu erzeugen. Die Wand besteht im Wiener Institut unter Vermeidung von Leinwand oder Papier aus fein präparirtem Gyps, der in einen starken eisernen Ring gegossen und auf seiner ganzen Fläche auf das Feinste geglättet ist.

Die Ermittelung der Vergrösserung eines Objekts durch ein bestimmtes Objektiv wird in der Weise vorgenommen, wie wir solches auf Seite 298, Band I dieses Werkes schon bei Mikrophotographien mitgetheilt haben, nämlich indem man ein Glas-Mikrometer als Objekt in das Mikroskop bringt, die auf der weissen Wand vergrössert erscheinenden Theilstriche abmisst und in das Mass den Durchmesser der Mikrometertheilung dividirt. Mit dem geschilderten Instrumente können Vergrösserungen von 370 bis 8000 linear bei einer Schirmdistanz von 435 cm erzielt werden. Um die feinsten Details auch von der Ferne zu erkennen, ist es empfehlenswerth, sich guter Operngläser bei den einschlägigen Vorstellungen zu bedienen. Ein rothes Blutkörperchen des Menschen erscheint z. B. als eine Scheibe von 6 cm Durchmesser; farblose Blutkörperchen haben bei gleicher Vergrösserung (Immersionslinse No. 10 von Seibert) einen Durchmesser von 12 bis 18 cm und kann man die lebhaften amöboiden Bewegungen eines solchen Gebildes sehr deutlich von allen Stellen des Auditoriums aus wahrnehmen.

Sollen Körperchen in Flüssigkeiten, kleine zu physiologischen Experimenten benutzte Thiere oder kleine lebende Embryonen mittels des geschilderten Instrumentariums untersucht oder gezeigt werden, so wird an Stelle des horizontalen Mikroskops M (Fig. 279) die Prismenvorrichtung PP' (Fig. 280) angeschraubt. Einen ähnlichen

Apparat haben wir schon Seite 272 beschrieben und abgebildet. L sind die Beleuchtungslinsen, R das mehr erwähnte Wassergefäss, P das untere Prisma oder an dessen Stelle ein gut geschliffener Planspiegel, darüber der Objekttisch T, dann folgt das Objektivsystem O, und schliesslich P' das obere Prisma. Die Lichtstrahlen werden von dem unteren Prisma total reflektirt, durch das Präparat, das hier durch einen Pfeil bezeichnet ist, hindurchgeleitet, das Bild des

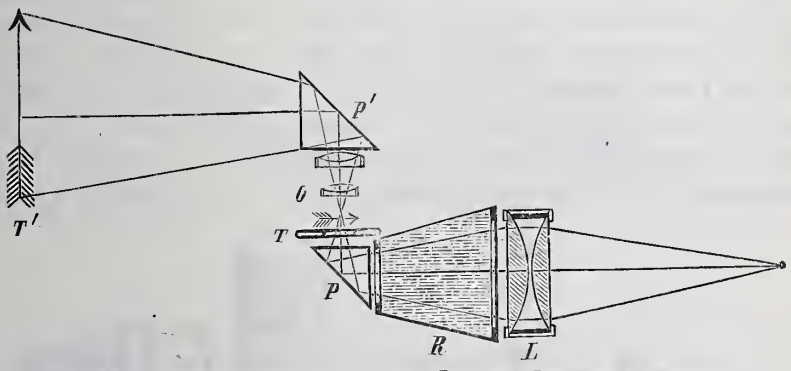


Fig. 280. Prismenvorrichtung zur Projektion horizontal liegender Gegenstände.

Präparates durch die Linse vergrössert und mittels des oberen Prisma P' auf die weisse Wand des Auditoriums nach T' geworfen.

In Fig. 281 ist eine weitere Vorrichtung abgebildet, welche für die Projektion grosser Präparate, z. B. von Hirnschnitten oder Durchschnitten von ganzen Organen, sowie von durchsichtigen Abbildungen sich eignet. Es ist diese Vorrichtung ähnlich derjenigen, welche wir

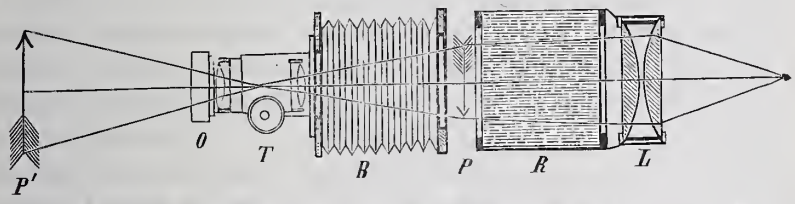


Fig. 281. Einrichtung zur Projektion sehr grosser durchsichtiger Präparate.

oben mehrfach bei Beschreibung der verschiedenen Formen des Skioptikons (Seite 237 bis 241) erwähnt haben. An die Beleuchtungslinse L wird das Wassergefäss R angefügt, vor dem sich das zu vergrössernde Bild, hier ein Pfeil, befindet. Vor das Bild setzt man das Objektiv, am besten ein photographisches Porträtobjektiv, das mittels des Blasebalges B dem Objekte P genähert werden kann. Die feine Einstellung des Objektivs O geschieht mittels der Schraube T.

Im Grossen und Ganzen stellt demnach das Plössl'sche Instrumentarium eine Kombination einer in geeigneter Weise angebrachten elektrischen Lampe mit einem Bild-Mikroskope nach Bertsch (vgl. die folgende Figur) bezw. mit dem Apparate Fig. 273 dar.

3. SONNENMIKROSKOPE.

Zu Projektionszwecken mittels direkten Sonnenlichts eignet sich das von Bertsch im Jahre 1851 konstruirte photoheliographische Mikroskop. Bertsch reflektirte das Sonnenlicht mittels eines rechtwinkligen Prismas *A* (Fig. 282) auf eine grosse kondensirende Linse, welche in den Rahmen *B* gefasst ist und an Stelle der Scheibe eines Fensters in letzteres eingefügt wird. In der Röhre *C* befinden sich zwei weitere Linsen und es ist möglich, durch gegenseitige Verschiebung derselben mittels der Schraube *D* konver-

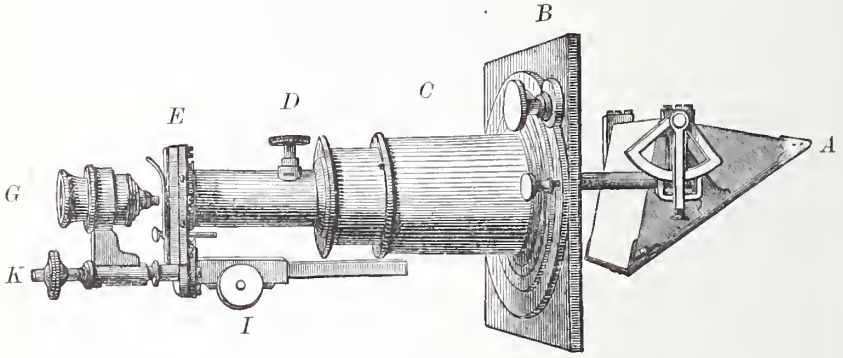


Fig. 282. Bertsch's Sonnenmikroskop.

girendes, divergirendes oder konzentrirtes paralleles Licht zu erzeugen. Das Licht wird auf ein an den Objekttisch festgeklammertes Präparat *E* geworfen, dessen Bild durch das Objektivsystem *G* vergrössert auf eine gegenüberliegende Wand des verdunkelten Zimmers gelenkt wird. Die grobe Einstellung geschieht bei *I*, die feine Mikrometereinstellung bei *K*. Mit solchen Apparaten kann man die Präparate zwar sehr vergrössern, aber nicht bis in die feinsten Strukturen auflösen.

Statt eines Prismas, wie es Bertsch benutzt, wird auch zu Projektionszwecken mittels des Sonnenmikroskops ein nach den verschiedensten Richtungen drehbarer Spiegel vor das Fenster gestellt, wie in Fig. 283 abgebildet. An einen nach Süden gelegenen, das Fenster vollkommen lichtdicht verschliessenden Laden wird die Metallscheibe *A A A A* geschraubt; dieselbe trägt nach dem Freien zu einen grossen Planspiegel *M*, von welchem die von *S* direkt auffallenden Sonnenstrahlen durch die Röhre *K* auf den innerhalb

befindlichen Objekttisch und die Präparate geworfen werden. Der Sonne folgt man unter Anwendung des Spiegels mittels des Zahnrad- und Stangengetriebes *C E D F G*. Durch gleichzeitige Drehung an den Schrauben *b* und *c* ist man mit Hülfe des in der Abbildung ersichtlichen Getriebes im Stande, die auf *M* auffallenden Strahlen immer gleichmässig in der Richtung *M K* zu erhalten. Der mit der

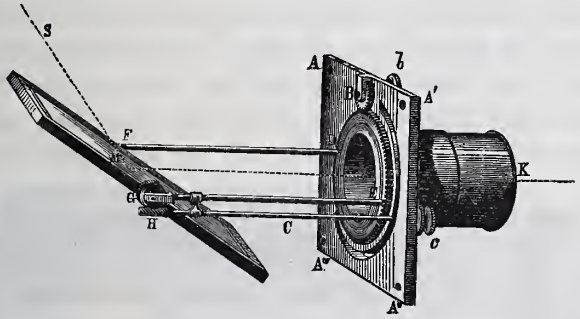


Fig. 283. Spiegelvorrichtung eines gewöhnlichen Sonnenmikroskops.

Schraube *c* verbundene Stab *C* trägt eine Schraube ohne Ende *H*, die ihrerseits wieder in das Triebrädchen *G* eingreift; durch diese Vorrichtung wird die Inklination des Spiegels regulirt. In die Röhre *K* werden je nach Bedarf grössere oder kleinere Blenden eingesetzt.

Die Drehbewegung eines derartigen Heliostaten kann auch durch ein Uhrwerk bewirkt werden, ähnlich wie wir ein solches auf S. 209, Fig. 211, Band I dieses Werkes beschrieben und abgebildet haben.

4. OBJEKTE FÜR MIKROSKOPISCHE PROJEKTIONEN.

Die zu mikroskopischer Projektion benutzbaren Gegenstände sind zweierlei Art: Flüssigkeiten und todte oder lebende Objekte. Erstens werden geeignete mikroskopische, in Aufbewahrungsflüssigkeiten verkittete Präparate mit schwächeren oder stärkeren Linsensystemen direkt projizirt, oder es werden lebende Thiere, durchsichtige Larven von Wasserinsekten, im Entwickelungsstadium befindliche Salamander- oder Froschlarven oder auch einzelne Theile von Thieren, wie z. B. die Schwimmhaut eines lebenden Frosches, in geeigneten Objektträgern oder zwischen zwei Glasplatten demonstrirt. Erstere, die in unserer Fig. 284 abgebildete Methode hat den Vortheil, dass man den Thieren frisches Wasser durch einen Irrigator zuführen kann. Am einfachsten geschieht letzteres, indem eine mit frischem Wasser gefüllte Flasche auf einen Schrank gestellt wird, aus welcher heberartig mittels eines Schlauches das Wasser ausgezogen, durch das Präparat hindurchgeleitet und in eine unter

den Projektionsapparat zu stellende zweite Flasche abgeführt wird. Um den Blutkreislauf in der Schwimmhaut eines Frosches — ein höchst unterhaltendes und sehr belehrendes Experiment — darzustellen, wickelt man den Frosch in ein feuchtes leinenes Tuch ein, um welches ein Stück Pergamentpapier gegeben ist, das durch Gummiringe zusammengehalten wird. Aus diesem Packetchen lässt man einen Fuss heraussehen, dessen Schwimmhaut mittelst kleiner Nadeln auf ein, in der Mitte mit einer etwa 1 Centimeter grossen Oeffnung versehenes Brett, auf welches das Thier aufgebunden ist, gespannt wird. Um das Einpacken zu vermeiden, kann man auch, um das Thier unbeweglich zu machen, es für das Experiment kurarisiren.

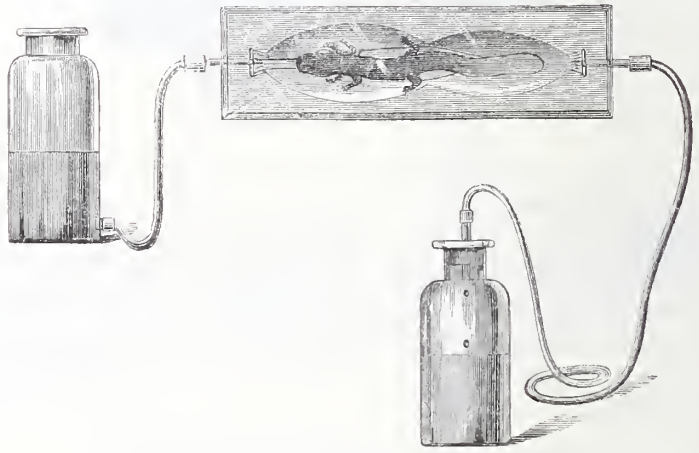


Fig. 284. Apparat zur mikroskopischen Untersuchung lebender Wasserthiere.

Eine weitere Art der Projektion für den histologischen Unterricht besteht in der Vorführung von Mikrophotographien, d. h. von nach mikroskopischen Präparaten mittels des Mikroskopes selbst aufgenommenen Abbildungen, wie wir das im ersten Bande dieses Werkes Seite 250 bis 313 auf das Ausführlichste besprochen haben. Die vierte Methode, Vorführung von nach mikroskopischen Präparaten dargestellten Zeichnungen, gilt insbesondere für alle diejenigen Präparate, welche man infolge ihrer Färbung und Dicke unmöglich projiziren und von denen man demgemäss auch keine Photographien nach der Natur herstellen kann. Alle diejenigen Präparate, von denen schöne Photogramme zu erzielen sind, können auch unter Umständen direkt projizirt werden. In der Darstellung von mikroskopischen Photogrammen für den Projektionsunterricht leisten W. Grimm in Offenburg, Otto Wigand in Zeitz und J. Ganz in Zürich ganz Vortreffliches.

c) PROJEKTION ANATOMISCHER UND ZOOLOGISCHER PRÄPARATE, SOWIE PHYSIOLOGISCHER VORGÄNGE.

Die Projektion bei dem anatomischen Unterrichte beschränkt sich nicht nur auf die Benutzung einschlägiger photographischer Aufnahmen, deren Zahl eine unbeschränkte, da man begreiflicherweise jedes anatomische Präparat photographisch aufnehmen kann — derartige Leistungen sind, wie im ersten Bande dieses Werkes zur Genüge ausgeführt, mannigfach vorhanden —, sondern auch natürliche, dünn geschnittene Organtheile selbst können projizirt werden; jedoch greifen solche Darstellungen in das Gebiet der Physiologie über. Bewegliche künstliche Objekte (vgl. S. 270) kann man auch benutzen;

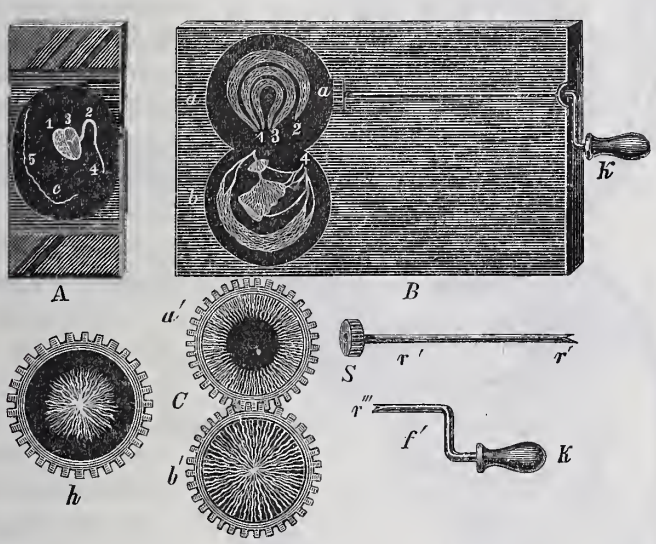


Fig. 285. Darstellung des Blutkreislaufs mittels Zahnradvorrichtung.

z. B. die Gesetze des Blutkreislaufes lassen sich auf solche Weise darstellen. Es gehören hierzu zwei Laternen. Die eine Laterne enthält das in Fig. 285 *A* abgebildete, mit transparenten Farben gemalte Bild des Herzens, zeigend die Kammern und Vorkammern mit ihren Klappen, während in den zweiten Apparat das bewegliche Projektionsbild (Fig. 285 *B*) eingefügt wird. Dieses Doppelbild besteht aus je drei Schichten; die mittlere Schicht enthält das schematische Bild der Blutvertheilung im menschlichen Körper, wie solches in Fig. 286 ersichtlich ist. Die in Fig. 285 in dem Holzrähmchen *B* auf schwarzem Grunde ersichtlichen hellen netzförmigen Figuren *a* und *b* stehen fest in dem Rahmen. Sie be-

deuten das obere Bild, *a*, den Blutkreislauf in den oberen Extremitäten, dem Kopfe und den Lungen, das untere Bild, *b*, den Blutkreislauf in den Baucheingeweiden und den unteren Extremitäten. Ueber und unter dem Netzwerke *a* befindet sich je ein bewegliches Zahnrad *a'* und *h* (Fig. 285). Das Lumen der Zahnräder ist mit je einem schwarz gefärbten Glasscheibchen ausgefüllt, auf welchem in unserer Abbildung radiäre, roth gezeichnete Wellenlinien ausgespart sind. Die radiären Linien von *a'* gehen nicht bis zum Centrum, während die radiären Linien in *h* vom Centrum aus gerade so weit gehen, als in *a'* die welligen Radiallinien reichen. Diese beiden Zeichnungen ergänzen sich gegenseitig. Das Rädchen *h* kommt unter das feststehende Bild *a*, das Rädchen *a'* über das Bild *a* zu stehen. Beide werden durch das Kronrad *S*, welches in die Zahnräder eingreift, in entgegengesetzter Richtung gedreht. Das dritte Radscheibchen *b'* liegt auf der in dem Rahmen *B* befindlichen Zeichnung *b* auf und wird durch Eingreifen in die Zähne des Rädchens *a'* in entgegengesetzter Richtung, wie letzteres, durch die Kurbel *k* gedreht. Die kreisförmige Bewegung der welligen, mit durchsichtigen rothen Farben gezeichneten radiären Bilder bedingt den Eindruck von auf der weissen Wand des Auditoriums fliessendem Blute. Der schwarze leere Raum 1, 2, 3, 4 wird mittels des zweiten Projektionsapparates durch das feststehende Bild *A* ausgefüllt,

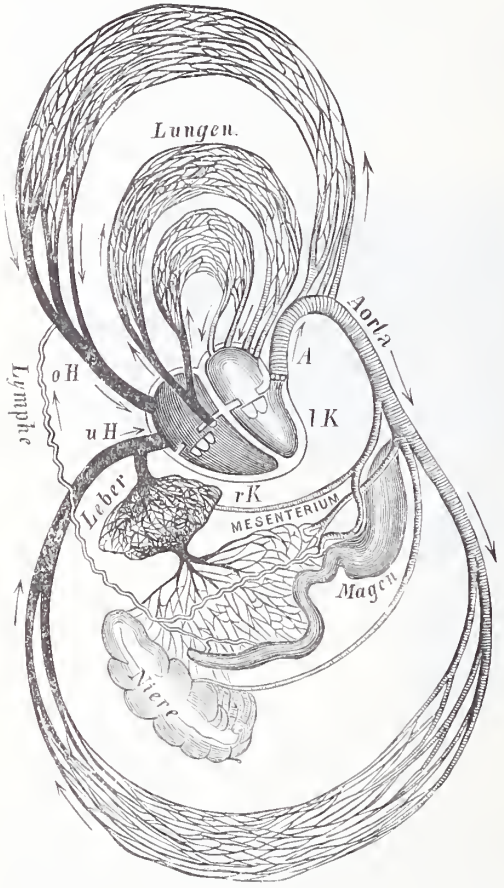


Fig. 286. Kreislauf des Blutes, das mit dem Apparate, Fig. 285, erzielte Bild. (A Aorta, oH obere, uH untere Hohlvene, lK linke, rK rechte Kammer.)

bei welchem die Stellen 1, 3, 2 sich mit den Stellen 1, 3, 2 des Bildes *B* decken; der Aortenbogen 2 in Fig. A geht als absteigende Aorta in die unteren Körpertheile (4 auf der Zeichnung *B*) über. In *r r'* ist die Kurbelstange mit dem Zahnrädchen *S* separat abgebildet, während die Kurbel selbst bei *k* nochmals gezeichnet ist, um zu sehen, wie die Kurbel *f'* mit ihrem Schraubengange *r'''* an die Kurbelstange *r* in dem Apparate *B* bei Gebrauch an- beziehungsweise abgeschraubt werden kann. Durch diesen Mechanismus, der die roth schraffirten Scheiben *a' b'* und *h* nach verschiedener Richtung dreht, entsteht infolge der in unserem vorigen Paragraphen mehrfach berührten optischen Täuschungen der Eindruck, als ob in den projizirten Blutgefässen Fig. 285 *B* (*a b*) Blut fliesse und zwar in den verschiedenen Richtungen der in Fig. 286 ersichtlichen Pfeile.

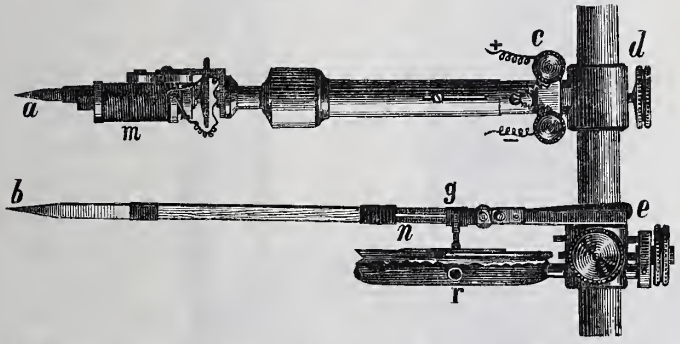


Fig. 287. Doppeltransmission für elektrische und pneumatische Uebertragung.

Die beiden Bilder (Fig. 285) *A* und *B* ergänzen sich nämlich durch Vermittelung der beiden Projektionsapparate zu dem in Fig. 286 ersichtlichen Gesammtbilde, bei welchem die Pfeile die Richtung der Bewegung des Blutes, hervorgebracht durch den Mechanismus Fig. 285, andeuten.

Alle möglichen Arten der durch Apparate sichtbar zu machenden physiologischen Bewegungen des menschlichen und thierischen Körpers können direkt mit dem Projektionsapparate durch Vermittelung pneumatischer oder elektrischer Transmissionen gesehen werden. Wird das in Fig. 287 abgebildete Instrument in den Projektionsapparat Fig. 230 an Stelle des daselbst ersichtlichen Elektroskops gestellt und vor denselben eine berusste Platte gegeben, welche das aus dem Kondensator herausströmende Licht abschliesst und wandert durch einen Uhrmechanismus die Platte vor den beiden Nadeln *a* und *b* vorbei, so werden begreiflicherweise die physiologischen Be-

wegungskurven, welche bei *c* durch elektrische Transmission, bei *e* durch pneumatische Transmission auf die berusste Platte gezeichnet werden, in statu nascenti auch auf der weissen Wand des Auditoriums entwickelt, weil an dem Theile, wo die Federn *a* und *b* schreiben, das Licht des Projektionsapparates durch die Kurven hindurchtritt und solche gleichsam auf die weisse Wand schreibt. In gleicher Weise kann man sehr hübsch auf der Projektionswand eines

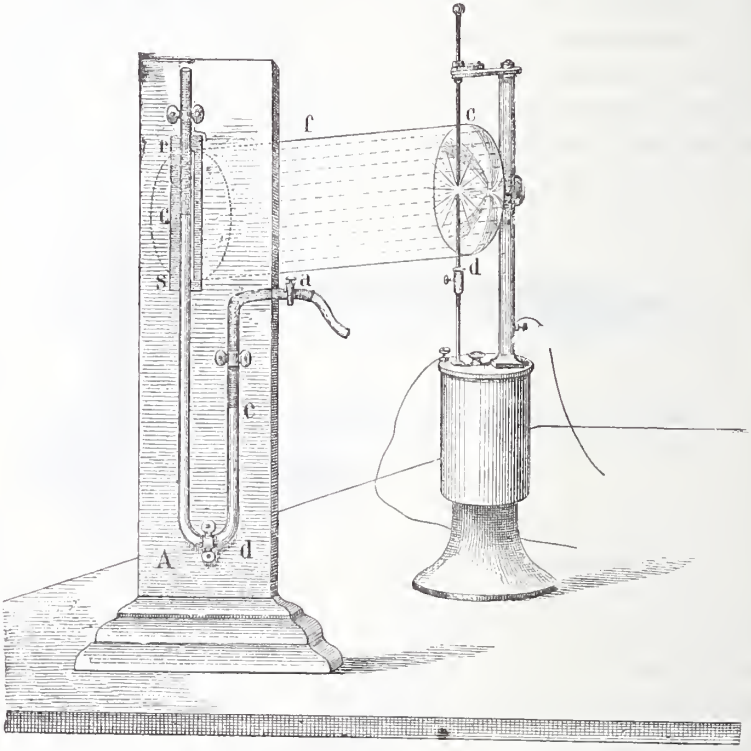


Fig. 288. Projektions-Kymographium mit elektrischem Licht.

Auditoriums mit Zuhilfenahme eines Kymographium, bei dem man die Feder weg lässt, die Bewegung irgend eines Blutgefässes, der Athmung etc. in der Weise sichtbar machen, wie aus Fig. 288 sich ergiebt. In ein Brett *A* ist von *r* bis *s* genau hinter der Manometersäule ein sehr schmaler Spalt eingesägt, hinter demselben befindet sich die Lichtquelle, z. B. eine elektrische Lampe, deren Hohlspiegel *c d* nach *r s* parallelisirte Strahlen wirft, welche durch ein weites geschwärztes Rohr *c d a f* begrenzt werden. Das Manometer *A* mit seinem Fusse wird ebenso an die Stelle des Projektionsapparates

gesetzt, wie das in Fig. 230 abgebildete Instrumentarium. Es wird alsdann die Bewegung der Quecksilbersäule *e d s* im Grossen an der weissen Wand des Auditoriums erscheinen. Diese Projektionsmethode ist bei allen mit einem Manometer in Verbindung gebrachten hydraulisch oder pneumatisch wirkenden physiologischen Apparaten leicht anwendbar. Weiter kann die selbstthätige Aktion eines ausgeschnittenen Thierherzens, als auch der Einfluss des galvanischen Stromes auf ein solches, sowie auf frische Muskeln oder Muskelstückchen, die vom Mechanismus abgetrennt worden sind, durch Projektionen dargestellt werden. Um derartige Bewegungen zu projiziren, dient der in Fig. 289 abgebildete kleine Apparat. Das Thierherz, z. B. ein Froschherz, wird in eine kleine vertiefte Masse von Wachs eingelegt, welche man sich jedesmal zu dem betreffenden Objekte passend anfertigt. Eine derartige Wachsunterlage klebt man auf das Metalltischchen *a* fest. Ueber demselben befindet sich ein leichter Hebel *f d*, welcher bei *d* ein sehr empfindliches Gelenk hat und durch eine Schraube vor- und rückwärts geschoben werden kann; zwischen diesem Hebel und dem zu untersuchenden Herzen ist ein kleiner Cylinder *b* von Hollundermark angebracht, welcher dem Hebel in *c* einen Stützpunkt verleiht und mittels einer an sein unteres Ende befestigten kleinen Nadelspitze in die Stelle des Herzens eingesenkt wird, welche man untersuchen will. Die Bewegungen des in Fig. 289 auf das Tischchen *a* aufgelegten Froschherzens verursachen ein Auf- und Abgehen des Hebels *f d*, welche Bewegung einschliesslich des Herzens und des ganzen Apparates mittels des Projektionsapparates Fig. 206 auf die weisse Wand in vergrössertem Masse geworfen wird. Die Schrauben *g g* an dem Stativ *m* dienen zur Auf- und Abwärtsbewegung der einzelnen Theile des Apparates, sowie zur Befestigung kleiner Muskelstückchen, deren Zuckungen man optisch darstellen will. Um letzteren Zweck zu erreichen, wird die Stellung

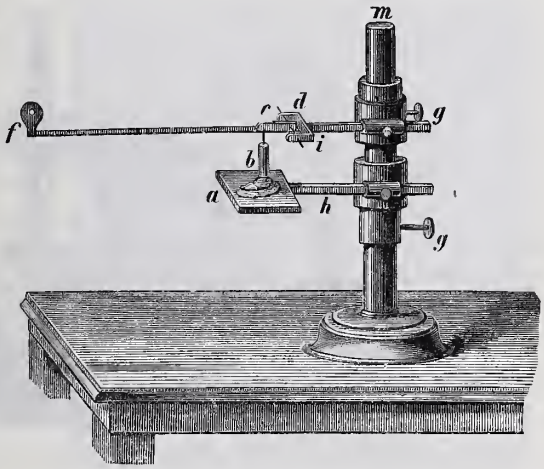


Fig. 289. Projektion der Herzbewegung.

der ganzen Hebelvorrichtung insofern verändert, als die Theile zwischen *f d g* unter die Stange *h*, welche das Tischchen *a* trägt, zu stehen kommen. Das Tischchen *a* wird von der kleinen Querstange *h* abgeschraubt und an dessen Stelle eine runde Oese befestigt, an welche das Muskelstückchen angehängt wird. Dieses wird hierauf mit seinem unteren Ende an den nun unterhalb befindlichen Hebel mittels eines Fadens angeknüpft und zwar an dieselbe Stelle *c*, wo in Fig. 289 das Hollundermarkstückchen *b* sich befindet; wie hier durch die Bewegungen des Herzens der Hebel sich emporhebt, so wird durch die Aktion herabhängender Muskelstückchen derselbe Hebel, entsprechend den Muskelzuckungen, mit raschen Intervallen nach oben gezogen und wieder gesenkt, wodurch ein schnelles

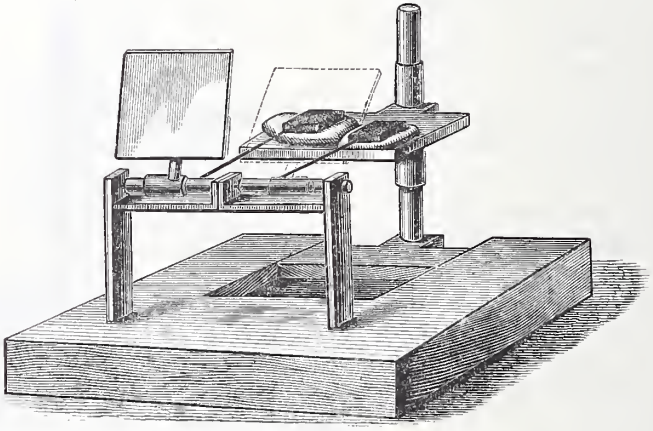


Fig. 290. Das Kardioskop.

Vibriren des Köpfchens *f* entsteht. Die Leitung der Lichtstrahlen wiederholt sich hier auf gleiche Weise, wie bei den übrigen Apparaten. (Man vgl. Band I, Seite 349 bis 359.)

Der Erste, welcher in Deutschland die Projektionskunst als integrirenden Theil des physiologischen Unterrichts eingeführt hat, war der Physiologe Johann N. Czermak, weiland Professor zu Leipzig. Er wusste in genialer Weise die mannigfachsten Demonstrationsapparate mit der genannten Methode in Verbindung zu bringen, und in dieser anregenden Form fast alle Thätigkeiten des Organismus seinen Zuhörern in beweglichen Bildern vor Augen zu führen. Wir wollen als Beispiel seiner ingeniösen Erfindungen nur einen seiner Demonstrationsapparate näher beschreiben, welchen er als einfacheren Ersatz für das in unserer Fig. 289 dargestellte und daselbst

beschriebene Experiment erdacht hat. Um einer grossen Versammlung jene kleinen Bewegungen vor Augen zu führen, konstruirte Czermak die optische Vorrichtung Fig. 290, das Kardioskop oder den Herzspiegel. Derselbe besteht aus zwei leichten Metall- oder Glasplättchen, welche durch den leisesten Anstoss um eine horizontale Axe gedreht werden können. Die spiegelnden Glasflächen werden durch Vermittlung zweier Korkplättchen mit dem pulsirenden Körper in Beziehung gebracht, sodass sich die Pulsationen desselben auf die Spiegel übertragen. Wenn nun die Spiegelflächen mit grellem Lichte beleuchtet werden, so entstehen durch Bestrahlung einer gegenüberliegenden Wand zwei weithin sichtbare Lichtbilder, welche die hebelförmigen Bewegungen der Spiegel und somit die Bewegungen des pulsirenden Körpers genau und in bedeutend vergrössertem Massstabe zur Anschauung bringen. Zum Nachweise der Verschiedenheit der Herzkontraktionen wird das eine Korkplättchen auf die Vorkammer, das andere auf die Herzkammer des schlagenden Froschherzens gelegt. Zieht sich nun die Vorkammer zusammen (Fig. 290), so senkt sich das Korkplättchen und mit ihm der in unserer Figur punktirte Spiegel, während das Plättchen auf der Herzkammer mit dieser und demgemäss auch der Spiegel sich hebt und um seine Axe gedreht wird. Werden nun diese auf- und abhüpfenden Spiegel mittels einer Projektionslampe *B* beleuchtet, so sieht man zwei Lichtbilder in Form heller Scheiben auf der weissen gegenüberliegenden Wand *T* (Fig. 291) nach einem gewissen Rhythmus auf- und niederhüpfen. Das Heruntergehen deutet die Systole, das Hinaufgehen des Lichtbildes die Diastole des Herzens an. Das Kardioskop ist in der betreffenden Figur unverhältnissmässig gross und in strengem Profil gezeichnet, um die Stellung der Spiegel und der Korkplättchen auf den beiden Herzabschnitten, sowie den Gang der Lichtstrahlen deutlich sichtbar zu machen. Zur Vermehrung der

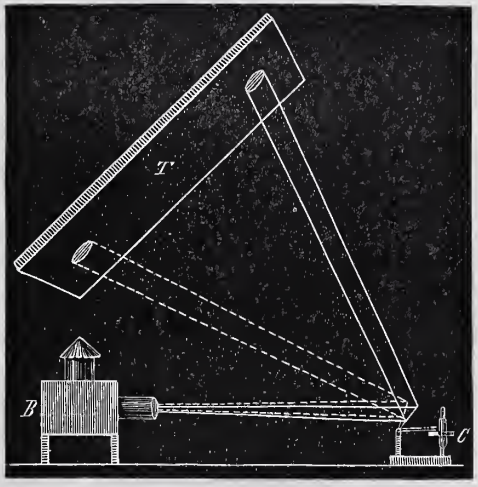


Fig. 291. Lichteffekte des Kardioskops.

Deutlichkeit sind überdies punktirte und ausgezogene Linien angebracht, um den verschiedenen Gang der Strahlen bei verschiedener Stellung der Spiegel anzudeuten.

Professor Czermak hatte sich die Lebensaufgabe gestellt, die Naturwissenschaften und besonders die Physiologie in ihren mannigfachen Einzelfächern durch Vermittelung des Projektionsapparates in den Vordergrund aller geistigen Arbeit zu bringen. „Keine andere Wissenschaft", sagte er bei der Eröffnung seines Laboratoriums. „kann mehr im Stande sein, in wirksamer Weise die wahre Aufklärung zu fördern, als die heutige Physiologie, welche im Sinne der mechanischen Weltanschauung alle die dunkeln und in ihren Konsequenzen die freie Forschung hemmenden Vorstellungen von der Existenz und Wirksamkeit einer besonderen mysteriösen Lebenskraft erfolgreich bekämpft und aufzuhellen sucht."

d) ASTRONOMISCHE PROJEKTIONEN.

Noch ein Haupt-Kapitel des naturwissenschaftlichen Unterrichts verlangt, wenn von Projektion die Rede ist, eine besondere Rücksicht, nämlich das Gebiet astronomischer Darstellungen. Hier ist es möglich, neben allen Arten von photographischen Aufnahmen und Zeichnungen der Weltkörper die Bewegung derselben mit Zuhilfenahme des auf S. 270 erwähnten Mechanismus höchst anschaulich im Bilde darzustellen. Nicht nur die Bewegungen des gesammten Planetensystems, die scheinbaren Bewegungen der Sonne und der Fixsterne, sondern auch rotirende Sternkarten, welche zur Demonstration der Bewegungen der circumpolaren Sterne, sowie der verschiedenen Erscheinungen des Sternenhimmels zu verschiedenen Jahreszeiten dienen, lassen sich mit Hilfe der mehrerwähnten Mechanismen herrlich darstellen. Eine reiche Auswahl solcher Apparate und Zeichnungen wurde von dem bekannten Astronomen Professor Weinek in Prag angefertigt und nach seinen Zeichnungen dargestellte Photographien von Otto Wigand in Zeitz in den Handel gebracht.

Einzelne Phasen der Gestirne, Sternbilder, die Konstellation verschiedener Himmelskörper zu einander lassen sich auch auf folgende Weise mittels des Projektionsapparates leicht vorführen. Man nehme ein rund geschnittenes Pappdeckelstückchen, welches in die Drehbewegungsvorrichtung (Fig. 218) hineinpasst und stanze in dasselbe je nach Bedarf die Sternbilder oder diejenigen Gestirne aus, um deren Vorführung in Betreff ihrer Stellung am Himmelsgewölbe es sich handelt. Die einzelnen Sterne werden je nach ihrer Farbe dadurch

von einander differenzirt, dass man auf die ausgestanzten Stellen des Pappdeckelscheibchens farbige Gelatinestückchen klebt. Die zugehörigen Bewegungen sind mittels der in Fig. 217 ersichtlichen Kurbel auszuführen.

e) PROJEKTIONS-SPEKTATORIEN.

In den jüngsten Jahren bemühte man sich, nachdem schon vor zwei Decennien der verstorbene Physiologe Johann Czermak zu Leipzig nachdrücklichst auf die Vortheile, welche die Verwendung der Projektionskunst beim naturwissenschaftlichen Unterrichte bietet, hingewiesen hatte, auch an vielen anderen Hochschulen den Projektionsapparat zu Unterrichtszwecken mit Erfolg heranzuziehen. Der Czermak'sche, für die Verwendung der Projektionskunst speziell eingerichtete Hörsaal, welcher vor einigen Jahren der Bauspekulation zum Opfer fallen musste, war ein mustergiltiges Institut. Unsere Fig. 292 zeigt den Grundriss jenes Gebäudes.

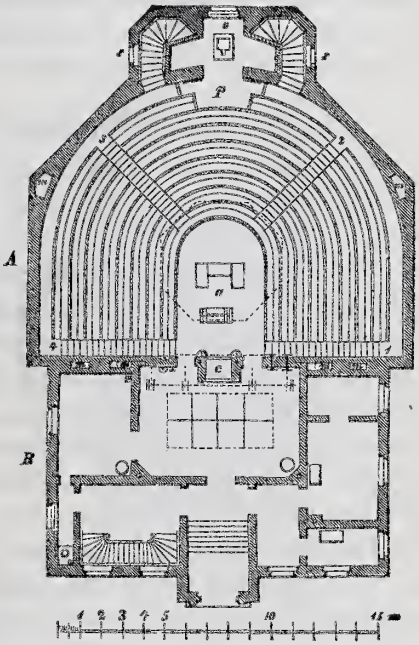


Fig. 292. Normal-Spektatorium.

A Amphitheater, B Arbeits- und Wohnräume, a der centrale freie Raum im Amphitheater — die Arena für den Experimentator, c chemischer Herd, o das einfenstrige optische Zimmerchen, p die Plattform vor demselben, auf welche die Projektionsapparate vorgeschoben werden, s s' die beiden Stiegenhäuser, welche auf die Höhe des Amphitheaters heraufführen, 1, 2, 3, 4 die Treppen, welche zu den Sitzreihen herabführen, m m m m Ventilationskanäle.

Das grosse Amphitheater *A* enthielt über 500 Plätze, welche so geordnet wurden, dass allen Zuhörern ein Ueberblick über das ganze Mittelfeld der Projektionswand ermöglicht war; dieser Wand gegenüber befand sich zwischen den beiden Treppenhäusern (*ss*) ein einfensteriger Raum *o*, welcher die optischen Apparate enthielt; dieselben wurden während des Vortrags auf eine vorspringende Plattform *p* herausgeschoben, um die vergrösserten Bilder der benutzten Photographien in scharfer Zeichnung auf die erwähnte Wand zu werfen. Der zweite Theil (*B*) des Gebäudes enthielt im unteren Stockwerke die Laboratorien, die Sammlungen und die Bibliothek, während in dem Oberbau sich die von Czermak eingerichteten photographischen Arbeitszimmer

befanden. Derselbe theilte vollkommen unsere Ansicht, dass vornehmlich mit Hilfe der Photographie der Unterricht in den Naturwissenschaften zu gedeihlicher Blüte sich entfalten müsse, aber nur dann, wenn die Fachgenossen die in genannter Richtung so leistungsfähige Kunst zu schätzen und zu verwerthen beginnen. Er wollte neben der Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse eine Centralarbeitsstätte für die wissenschaftlich-praktische Verwerthung des Lichtes und der Projektionen begründen und Gelegenheit zur Erlernung einer Kunst bieten, deren vielseitige Verwendung auf wissenschaftlichem Gebiete wir in diesem Werke nachzuweisen uns bemüht haben.

5. DIE PROJEKTIONSKUNST IM TEHATERWESEN.

Die grossen und kleinen Lichteffekte bilden bekanntlich im modernen Theaterwesen einen der wichtigsten Theile der Bühnentechnik. Kaum irgend eine grössere Oper oder ein Schaustück wird auf besser situirten Bühnen aufgeführt, ohne dass das elektrische Licht und der Projektionsapparat nicht eine Rolle dabei spielten. In vortrefflicher Weise wird dieser Zweig der Projektionskunst in dem grossen Opernhause zu Frankfurt a. M. durch den auf diesem Gebiete rühmlichst bekannten Beleuchtungsinspektor Oscar Behrend bewerkstelligt. Es werden daselbst für Projektionszwecke nur Batterien aus Grove-Elementen, wie auf Seite 122 des ersten Bandes dieses Werkes beschrieben, benutzt.

Derartige Batterien stehen dort 6 zu je 50 Elementen, im Ganzen also 300 Elemente. Für die Instandhaltung und Inbetriebsetzung derselben ist ein eigener Raum im ersten Kellergeschosse vorhanden; daselbst stehen 3 grosse, mit breiten 5 cm hohen Glaströgen versehene Tische, auf welchen die Batterien in der Weise aufgestellt sind, dass je 2 zu 50 Elementen immer einen der $1^1/_2$ m langen und 50 cm breiten Glaströge ausfüllen. Die auf den Tischen angebrachten Glaskasten sollen das Ueberlaufen der Säure auf den Boden verhüten. Die Tische stehen an den Wänden des betreffenden Raumes neben einander. Der Boden des Kellers ist asphaltirt und wird das abfliessende Spülwasser in einen Steinkanal abgeleitet. Ueber die Asphaltfläche zieht sich durch den ganzen Raum ein Lattenboden, damit man trockenen Fusses in dem Batteriekeller herumgehen kann.

Die 6 Platin-Endpole der 6 Batterien vereinigen sich schon im Keller zu einem Hauptdrahte, welcher zur Hinterbühne geführt ist und hier in 20 Drähte auseinandergeht, welche sich über die ganze

Bühne in der Weise vertheilen, dass zwei Drähte an die Hinterbühne, zwei weitere Drähte nach dem Schnürboden und der Maschinengallerie rechts, die zwei folgenden Drähte nach dem Schnürboden und der Maschinengallerie links führen, während weitere 12 Drähte, zu je 6 gepaart, in die 6 rechten und 6 linken Dekorationsgassen führen, der 19. Draht geht nach dem Souffleurkasten, um von vorn aus Beleuchtung auf die Bühne ausstrahlen zu lassen, während der 20. Draht zu Beleuchtungszwecken auf der Bühne selbst jeweilig benutzt werden kann. Diese von dem einen Hauptdrahte ausgehenden 20 positiven Drähte sind stationär befestigt und ein für alle Mal von dem Batteriekeller aus, wie erwähnt, an die betreffenden Stellen geleitet, während die negativen, von dem Zinkpole kommenden Drahtleitungen nach einem geeigneten Umschalter führen. Dieser Umschalter ist in Fig. 293 naturgetreu abgebildet. Derselbe besteht aus einem eine dünne Holzplatte umschliessenden Rahmen. Auf der Vorderseite des Rahmens laufen 6 Schienen von unten nach oben (*a g*, *b h*, *c i*, *d k*, *e l*, *f m*), während auf der Hinterseite des Rahmens, durch das Brett von den vorderen Schienen geschieden, 20 querlaufende kleinere Schienen angebracht sind. Auf den 6 erwähnten Schienen der Vorderseite des Rahmens sind von unten nach oben direkt je 20 Klemmschrauben, also im Ganzen 120 Klemmschrauben aufgesetzt, während gleichzeitig die zwischen diesen Schienen ersichtlichen übrigen 120 Klemmschrauben durch das Holz hindurchgehen und in die 20 hinter dem Brette liegenden Querschienen eingeschraubt sind; solche sind in Fig. 293 mit No. 1 bis 20 bezeichnet. Durch das Brett sind die betreffenden Kontakte von einander isolirt. Ebenso wie der positive Hauptleitungsdraht sich nach den erwähnten Bühnenstellen vertheilt, ebenso gehen von den querlaufenden Schienen 20 negative Drähte nach den gleichen Stellen der Bühne und zwar No. 1 und 2 nach der Hinterbühne, No. 3 und 4 nach dem Schnürboden rechts, No. 5 bis 10 nach den rechten Coulissengassen, No. 11 und 12 nach dem Schnürboden links, No. 13 bis 18 nach den linken Coulissengassen, No. 19 nach dem Souffleur-

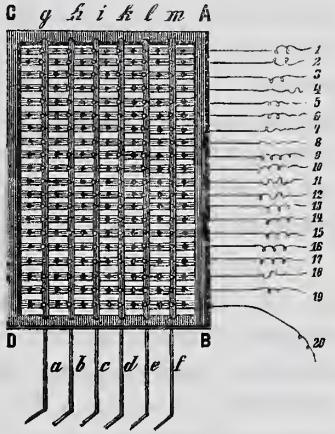


Fig. 293. Umschalter für 6 Batterieströme zu Bühnenzwecken.

kasten und No. 20 zur Reservestelle für eventuelle Zwecke auf der Bühne selbst. Soll nun z. B. von dem Schnürboden links und gleichzeitig von der dritten Coulissengasse rechts das elektrische Licht von einer Batterie gegeben werden, so muss an dem Umschalter die Klemme, welche auf dem Stabe *a g* in der 15. Linie von oben sitzt, mit der benachbarten Klemme der 15. Linie, die durch das Holz hindurchgeht, und auf der betreffenden 15. unteren Metallquerleiste sitzt, durch einen Querkontakt metallisch verbunden werden.

Auf unserer Zeichnung sind einige derartiger Querkontakte und zwar in den Regionen *a g* 11, *b h* 4, *c i* 17 etc. angebracht. Durch diese Verbindungen wird demnach Folgendes erreicht: durch *a g* 11 wird der Strom der ersten Batterie von 50 Elementen nach dem Schnürboden links geleitet; durch die Verbindung *b h* 4 wird der Strom der zweiten Batterie nach der ersten rechten Coulissengasse geleitet; durch die Verbindung *c i* 17 wird der Strom einer dritten Batterie nach der fünften linken Coulissengasse geleitet u. s. w. Die in der Zeichnung ersichtlichen übrigen Kontaktverbindungen der hellen und dunklen Schrauben ergeben sich aus dem Vergleiche mit obiger Aufstellung mit Leichtigkeit.

Auf diese Weise kann man von dem geschilderten Umschalter aus an einzelnen Stellen oder gleichzeitig auf der ganzen Bühne elektrische Effekte erzielen. Soll eine Projektion von besonders starker Lichtfülle erzeugt werden, so können, wie leicht aus der Zeichnung ersichtlich, von *a* bis *f* die einzelnen Batterien zu 2, 3 oder 4 etc. zusammengeschaltet und auf diese Weise ein besonders starker Strom nach einzelnen Punkten geleitet werden. Die vom Umschalter abgehenden 20 Drähte gehen von da nach dem Versenkungsraum und kommen alsdann wieder zur Bühne bis zu den Anschlussstellen empor. An den erwähnten Endpunkten der Drähte in den 12 Gassen auf der Bühne rechts und links, sowie auf der Hinterbühne und auf dem Schnürboden sind je 2 Ständerschrauben in den Boden eingelassen, um die Kupferdrahtrolle *k l* (Fig. 295) anzuschalten. Diese Kabelrolle, deren eine grössere Anzahl vorhanden sind, trägt ein Kabel von 25 m Länge, welches eine gut isolirte Kupferdrahtleitung enthält. Jeder Draht besteht aus 60 sehr dünnen zusammengeflochtenen Kupferdrähtchen, um bedeutende Biegsamkeit des Ganzen bei äusserst geringem Widerstande zu erreichen. Von hier rollt sich der Leitungsdraht nach Bedarf bis zur erwähnten Länge mit Leichtigkeit ab, so dass der Operateur mit dem an die Enden des Batteriedrahtes an-

gefügten Lichtregulator (Fig. 294) rasch seine Stellung nach jeder Richtung hin wechseln kann.

Der zu Bühnenzwecken geeignetste elektrische Lichtregulator (Bogenlichtlampe) ist ein mit der Hand zu regulirender Apparat (von H. Baehr in Dresden); vermittels eines einfachen Zahn- und Triebewerkes werden die Kohlenspitzen im Verhältniss zu ihrem gegenseitigen Abbrennen durch Drehen an der mit Triebrad versehenen Schraube einander genähert. In dem Masse wie die negative Kohlenspitze rascher verbrennt (Verhältniss 1 : 2), als die positive, rückt eben der obere Theil des Lichtregulators durch Vermittelung des Hebels *i* (Fig. 294) bei *z* rascher vor, wie der untere Kohlenpol *u*, genau wie das bei allen elektrischen Regulatoren für Kohlenlicht der Fall sein muss. An dieser Lampe mit Handbetrieb ist ausserdem eine Regulirschraube *r* ersichtlich, mittels deren man im Verhältnisse zur Stromstärke den Gang des Apparates reguliren, d. h. den erwähnten Hebel verschieben kann.

Bei der Genauigkeit, mit welcher für Bühnenzwecke in gewissen Zeitmomenten das elektrische Licht auf das Stichwort des Souffleurs momentan wirken muss, ist man genöthigt, sich der Handregulirapparate zu bedienen. Selbst der beste elektromagnetische Regulator jeglicher Konstruktion wird zu derartigen Zwecken schon deshalb weniger zu gebrauchen sein, weil man zumeist bewegliche Figuren mit dem elektrischen Lichte, den Regulator in der Hand, verfolgen muss, andererseits aber auch erfahrungsgemäss geringe, wenn auch noch so minimale Störungen bei den elektromagnetischen Regulatoren vorzukommen pflegen, so dass während einer Bühnenaufführung man in die grösste Verlegenheit gerathen würde, wenn nicht im Momente des Stichwortes der Effekt entstünde. Dagegen sind Regulatoren mit selbstthätiger Mechanik für diejenigen Bühnenzwecke wohl brauchbar, bei welchen es sich um ein, auf eine gewisse Stelle dauernd auszustrahlendes elektrisches Licht handelt, so z. B. bei der Prophetensonne, bei Gruppenbeleuchtung und allen denjenigen Anwendungen des elektrischen Lichtes, welche mit der Projektionslampe in Form auf den Prospekt (Hintergrund) abzugebender Lichtbilder in grossem Stile ausgeführt werden.

Man hat die Beobachtung gemacht, dass je nach der Stärke der Batterie und dem Abbrennen der Kohlenspitzen die Drehung der Schraube des Handregulators ganz gleichmässig in gewissen Zeitintervallen erfolgt; so z. B. dreht sich bei dem Handregulator (Fig. 294) die betreffende Triebschraube *f* bei genauester Regulirung mit der Hand

binnen einer Stunde ein einziges Mal um ihre Axe. Vermittels dieser Schraube werden die beiden Triebstangen b und d in dem Verhältnisse von 1 : 2 in Bewegung gesetzt, d. h. wenn sich die Stange $d\,u$ um einen Centimeter hebt, senkt sich die Stange n und mit ihr die Kohle z um einen halben Centimeter. Dieses Verhältniss wird durch den Hebel $g\,s$ vermittelt, welcher einen längeren und einen kürzeren Hebelarm hat, von dessen Stützpunkt i die Entfernung nach s ungefähr halb so gross ist, wie diejenige nach g. Da aber je nach der Intensität des Stromes und der Qualität der Kohle das Verhältniss von 1 : 2 des Abbrennens nicht immer mathematisch genau eingehalten wird, so ist mit dem Hebel ein durch eine Regulirschraube r zu regierender Metallstab $i\,t$ verbunden, durch dessen Hin- und Herschieben mittels der Mikrometerschraube r der Stützpunkt des Hebels $g\,s$ um ein Geringes verschoben werden kann. An der Stelle, wo der Hebel $g\,s$ mit der Triebstange $f\,g$ in Verbindung steht (bei g), ist ein Stück Hartkautschuk eingelassen, um eine isolirende Trennung der Pole zu bewirken. Es war ein Leichtes, diese Drehbewegung für eine Batterie von 50 Elementen durch ein Uhrwerk mit starker Federkraft herbeizuführen und deshalb hat man die Regulatoren mit Triebwerk für Bühnenzwecke versehen. Die Bewegung des Triebwerks ist im vorliegenden Regulator für eine Batterie von 50 Elementen regulirt; sollte man mit einer stärkeren resp. mit einer schwächeren Batterie arbeiten, so ist es ein Leichtes, das Uhrwerk rascher oder langsamer gehen zu lassen, indem man nur nöthig hat, den Windfang des Uhrwerks zu verstellen, um einen rascheren oder langsameren Gang herbeizuführen.

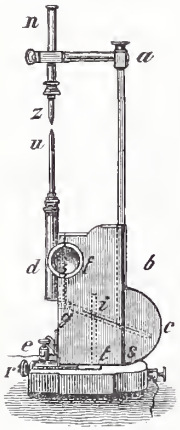


Fig. 294.
Handregulator.

Ebenso kann man durch Drehen an einer Schraube, welche mit einer feinen Borste, die auf der Axe des Windfangs schleift, versehen ist, dessen Gang hemmen oder beschleunigen. Letzteres geschieht nur, wenn während der Aktion die Bewegung der Kohlen zu einander einer Regulirung bedarf. Die Stellung des Windfangs kann man ein für alle Mal für Batterien von 25, 50 oder 100 Elementen graduiren, um mit Leichtigkeit die Geschwindigkeit der Windflügel nach Bedarf zu ändern. Was die Ziehung des Lichtbogens bei Beginn der Operation anbelangt, so wurde ein kleines Solenoid in den Stromkreis eingeschaltet. Das letztere besteht aus einer

kleinen eisernen Röhre, um welche mittels einiger dicker Drahtwindungen der Strom kreist. In der eisernen Röhre hebt und senkt sich, durch eine Feder regulirt, je nach Stromschluss ein rundes Eisenstückchen von Bleistiftdicke, in welches die Kohle eingelassen ist. Ebenso ist in dem Stromkreise ein kleiner Elektromagnet vorhanden, welcher nach Stromschluss den Gang des Uhrwerks vermittels eines kleinen Hebels auslöst, d. h. den Windfang freigiebt, sodass das Uhrwerk zu arbeiten beginnt. Bei Beginn der Aktion stehen die Kohlenspitzen aneinander und bilden Stromschluss. Wird nun der Strom in den Regulator eingelassen, was durch einen Kontakttaster am Fusse des Regulators geschieht, so nimmt der Strom seinen Weg nach den beiden Elektromagneten und hiermit nach der positiven, von da nach der negativen Kohle und in die Batterie zurück. Im Momente nun, wo Stromschluss gegeben ist, werden die beiden Elektromagnete ihre Anker anziehen, das Uhrwerk auslösen und gleichzeitig die untere Kohlenspitze um etwa einen Millimeter je nach der im Verhältniss zur Stärke der Batterie stehenden Grösse des Lichtbogens von der oberen Kohle abziehen. An der Solenoidvorrichtung ist eine kleine Regulirschraube angebracht, mittels deren man die Grösse des Lichtbogens im Verhältnisse zur Stärke des Stroms vor Beginn der Thätigkeit einstellen kann. Da der Elektromagnet an der Triebstange selbst angebracht ist und durch die Bewegung des Uhrwerks mit der Triebstange gleichzeitig vorgeschoben wird, während er seine elektromagnetische Thätigkeit entfaltet, so bleibt der Lichtbogen immer auf seinem Niveau; wird dagegen der Strom unterbrochen, so lässt das Solenoid seinen Anker los und die untere Kohle rückt wieder an die obere Kohle heran, damit bei nächster Benutzung das gleiche Spiel sich wieder entfalte.

Zu Projektionszwecken wird, um einfache Lichteffekte zu erzielen, der parabolische Hohlspiegel (s. Fig. 295) benutzt. Derselbe umgiebt, wie ersichtlich, durch einen Rahmen (*a b c d*) gestützt, die Kohlenspitzen des Regulators (*e*) und ist durch geeignete Konstruktion die Eigenschaft eines intensiven Lichtkegels zu erreichen, mittels dessen man den grössten Theil der Bühne je nach Entfernung von den zu beleuchtenden Punkten erhellen kann. Die zugehörigen parabolischen Spiegel sind theils aus Metall gefertigt und versilbert, theils. um bedeutendere Effekte zu erzielen, mit gerippten Spiegelflächen ausgelegt. Sollen mit einem derartigen Apparate farbige Lichteffekte erzielt werden, so wird in den Rahmen (*a b c d*) eine farbige Glasscheibe (*m n o p*) eingesetzt, durch welche das Licht des parabolischen Spiegels

(*f*) hindurchgeht. Derartiger farbiger Scheiben sind welche in allen Nuancen vorhanden, dieselben sind theils mit transparenten Farben, theils mit mattgeschliffenen Gläsern versehen. Die letzteren zerstreuen das Licht, um demselben den Effekt der Tageshelle zu verleihen; die farbigen und mattgeschliffenen Glasscheiben (*p n m o* Fig. 295) sind nicht in einem Stücke in den Rahmen eingelegt, sondern in Streifen geschnitten und an einander gefügt, da bei den Beleuchtungen, zu welchen solche herangezogen werden, dieselben längere Zeit der

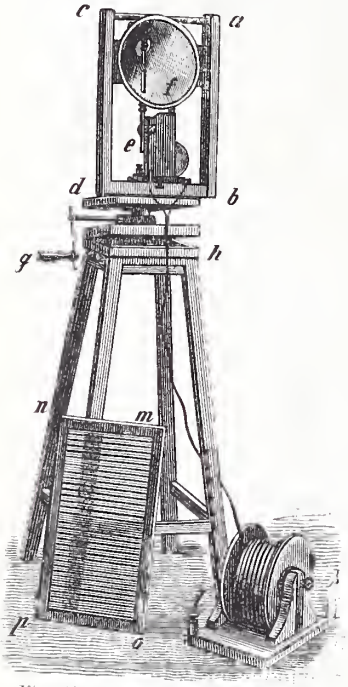


Fig. 295. Einrichtungen für farbige elektrische Beleuchtung.

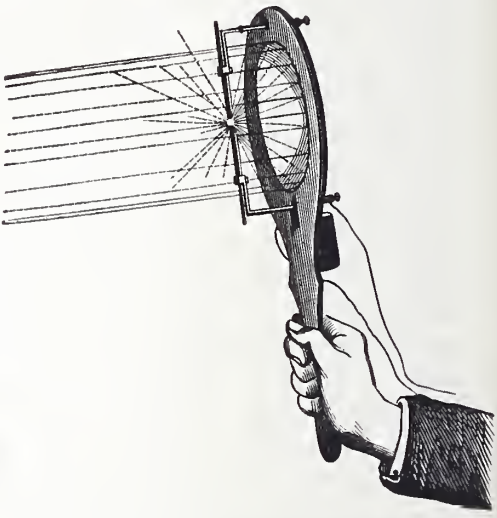


Fig. 296. Elektrischer Reflektor für Bühnenzwecke.

Hitze des Lichtbogens ausgesetzt werden müssen. Durch die Aneinanderfügung einzelner Streifen, die wie Dachziegel übereinander liegen, wird das durch die Hitze des Lichtbogens veranlasste Zerplatzen grösserer Glasscheiben vermieden. Die Vorrichtung ist auf ein durch Kurbelbewegung (*g* Fig. 295) leicht bewegliches Stativ aufgeschraubt.

Um sehr starke sich bewegende Lichteffekte, z. B. Erscheinungen von Wetterleuchten und dergleichen, zu erzeugen, dient der in Fig. 296 abgebildete Projektionsapparat. Genau im Fokus eines Konkavspiegels treten die beiden Kohlenspitzen eines elektrischen Bogenlichtes, dessen

Regulirung an der Hinterwand des Spiegels mittels Elektromagneten bewerkstelligt wird, zusammen. Sobald mittels eines Fingers der den Spiegel haltenden Hand auf einen Kontakt gedrückt wird, tritt das Spiel der Elektromagnete in Thätigkeit und das zwischen den Kohlenspitzen sich bildende elektrische Licht erglänzt in regelmässiger Form. Das Verschieben der Kohlenspitzen in das Centrum des Hohlspiegels wird durch einen hinter dem Spiegel zum Theil sichtbaren Regulator bewirkt. Um einen Zick-Zack-Blitz mittels der elektrischen Projektionsvorrichtung nachzuahmen, muss der in Fig. 296 abgebildete elektrisch montirte Spiegel im Zick-Zack bewegt werden. Sicherer erreicht man diese Erscheinungen, wenn die von dem Spiegel abgehenden Lichtstrahlen auf eine sehr rasch rotirende Scheibe geworfen werden, welche mit kleinen im Zick-Zack gestellten Oeffnungen versehen ist.

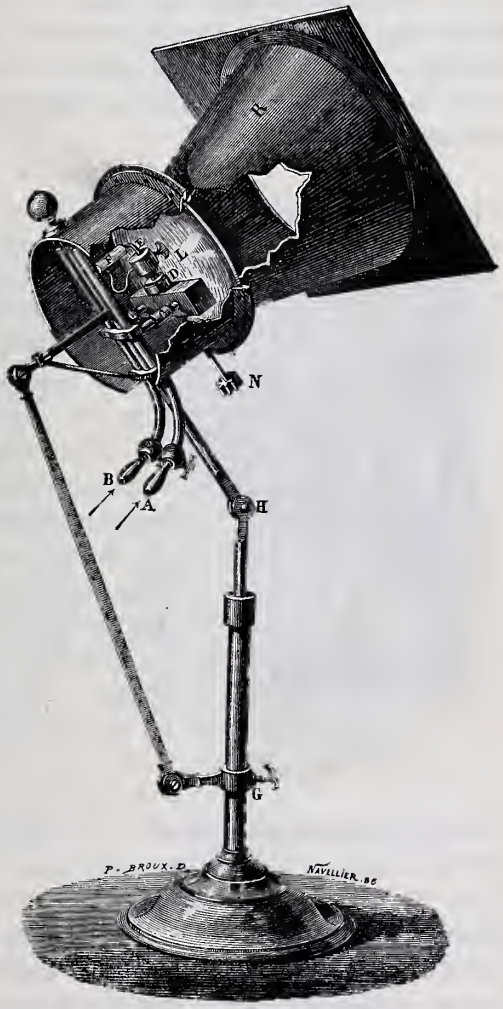


Fig. 297. Drummond'sches Kalklicht zu Bühnenzwecken.

Eine gleichen Zwecken dienende ähnliche Vorrichtung mittels des Drummond'schen Kalklichtes ist in Fig. 297 abgebildet. Bei diesem Reflektor entsteht mittels der grossen Beleuchtungslinse L ein intensiver Lichtkegel, welcher durch die konische Röhre R ausstrahlt. Die Lampe kann sowohl zu wissenschaftlichen, als zu allgemeinen Beleuchtungszwecken

Verwendung finden. An den Hahn *A* wird der das Sauerstoffgas führende, an *B* der für das Wasserstoffgas bestimmte Schlauch befestigt. Die Gase treten durch die beiden querlaufenden Röhrchen *C* in die Kammer *D*, in welcher sie sich mischen und durch das Rohr *E* auf den Kalkcylinder *F* austreten. *G* ist eine Schraube, um den ganzen Apparat hoch und tief zu stellen, während *H* ein Scharnier darstellt, um dem Lichtstrahl jede gewünschte Richtung zu geben. *N* ist der Griff eines Hahns zur Regulirung des Zutritts der gemischten Gase.

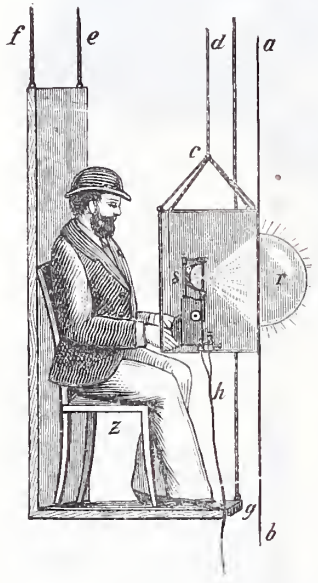


Fig. 298. Darstellung der Sonne.

Eine der hervorragendsten Anwendungen findet die elektrische Projektionscamera schon seit einigen Dezennien in der Oper „Der Prophet“ zur Darstellung der „Prophetensonne“. Auf den meisten Bühnen wurde diese Vorrichtung in der Weise bewerkstelligt, wie solche aus Fig. 298 hervorgeht. In den Prospekt des Hintergrundes *a b* ist eine runde Oeffnung eingeschnitten, in welche eine halbkugelförmig geschliffene Glaslinse von ca. 45 cm Durchmesser (*r*) eingepasst ist. Diese Linse ist in eine Camera, welche den Lichtregulator *s* enthält und die der in Fig. 295 abgebildeten Vorrichtung entspricht, eingelassen. Diese Camera ist mittels des Seiles *d c* an dem Schnürboden in der Höhe befestigt; ebenso schwebt hinter dieser Vorrichtung an dem Schnürboden ein Brettergerüste *e f g*, auf welches ein Stuhl *z* für den Gehilfen befestigt ist, welcher die Lampe zu reguliren hat. Diese ganze Einrichtung schwebt in der Luft und es wird durch eine gleichmässige Bewegung zur Nachahmung des Aufgehens und Fortbewegens des Sonnenballs mit dem gesammten Prospekte der die Lampe regulirende Gehilfe mit fortgetragen. Künftighin hofft man diese umständliche Manipulation durch den oben erwähnten Uhrwerkregulator beseitigen zu können und auf diese Weise die einschlägige Thätigkeit wesentlich zu vereinfachen.

Auch der aufgehende Mond, das Vorüberziehen der Wolken auf dem Horizonte, Darstellen der Morgenröthe, Aufsteigen von Feuerwolken, Schneefall, sichtbarer Regen, bewegliche Figuren und Geister-

erscheinungen wie z. B. die wilde Jagd im Freischütz, die Himmelfahrt der Engel im letzten Akte des „Faust“, Samum und Fata morgana in der Oper „Die Königin von Saba“, Erscheinungen in der Oper „Der Rattenfänger von Hameln“, ziehende Geister im Schauspiele „Der Sturm“, einzeln ziehende Gruppen und Gestalten in dem Schauspiele „Die Willis“, im „Verschwender“ etc., das Nordlicht im „Nordstern“ und dergleichen mehr wird durch Projektionsapparate bewerkstelligt. Alle diese Effekte werden mittels der in Fig. 301

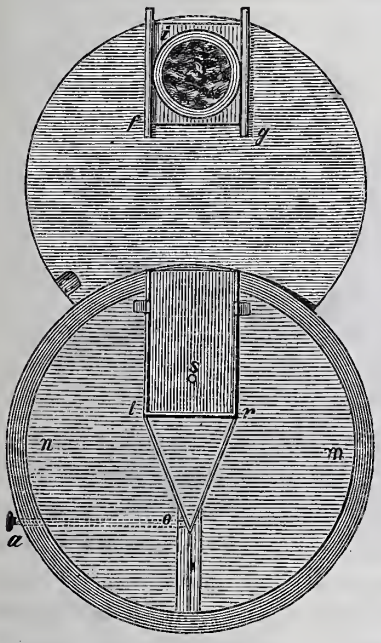


Fig. 299. Wolkenscheibe (auseinandergenommen); rückwärtige Ansicht.

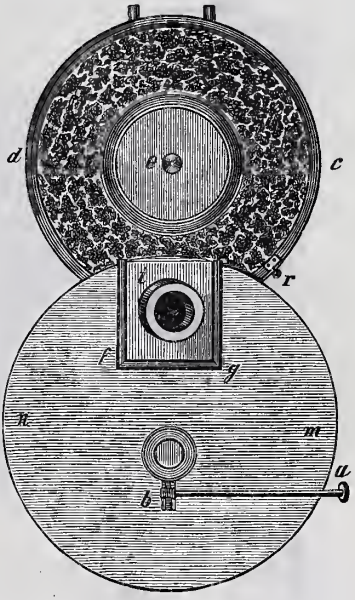


Fig. 300. Wolkenscheibe (auseinandergenommen und Vorderansicht).

abgebildeten Projektionscamera ausgeführt, einzelne Bilder nach der bekannten Methode der verschiedenen Laterna magicas, indem auf Glas gemalte Darstellungen hinter den Objektivkopf der Camera eingeschoben werden, wogegen bewegliche und wechselnde Gegenstände mit grossen kreisförmigen Apparaten darzustellen sind, wie solche in Fig. 299 und 300 ersichtlich. Es sind dies doppelwandige Holzrahmen, die in unseren Figuren auseinandergenommen dargestellt sind und welche eine um ihr Centrum sich bewegende kreisförmige Scheibe enthalten. In Fig. 300 ist diese Scheibe *d c*, die sich um das Centrum *e* dreht, mit Wolken bemalt. Wenn der Deckel *m n*

auf die Scheibe *c d* aufgelegt ist, so greift der Trieb *a b* in ein kleines Triebrad ein, durch welches die mit den Wolken bemalte Glasscheibe in Umdrehung versetzt werden kann. Das auf dem Brette *g f* angebrachte Objektiv *i* passt genau für die Camera an Stelle des Objektivs der Fig. 301 und wirft in der geeigneten Vergrösserung und Beleuchtung die auf die Glasscheibe aufgemalten Bilder auf den Prospekt. Eine Vorrichtung zur Darstellung des aufgehenden Mondes ist für dieselbe Scheibe in Fig. 299 sichtbar und kann mit Leichtigkeit mit der Einrichtung der Fig. 300 verbunden werden, so dass,

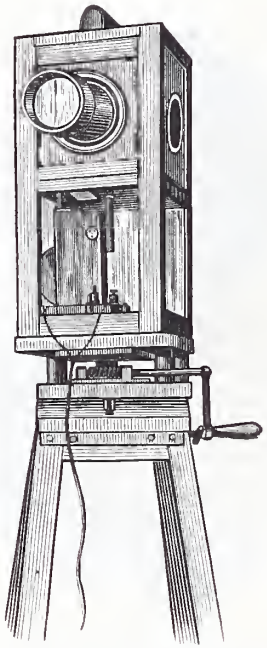


Fig. 301. Projektionscamera für Geistererscheinungen

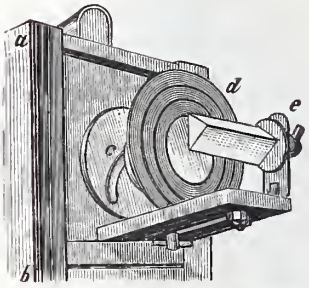


Fig. 302. Projektionsprisma zur Darstellung des Bühnen-Regenbogens.

wenn die Wolken vorbeiziehen, zwischen denselben der Mond zeitweilig sichtbar wird und sich bewegt. Wir sehen nämlich in Fig. 299 zwischen den Schiebern *g f* das Objektiv weggenommen und an der Stelle der Oeffnung die durchblickende Wolkenscheibe angedeutet. Ist der Deckel *m n* nun auf die Vorrichtung gelegt, so kann der Schieber *r*, welcher bei *o* vor- und rückwärts bewegt werden kann, und in dem sich eine kleine Oeffnung *s* befindet, eingeschoben werden. Die kleine runde Oeffnung *s* lässt das elektrische Licht direkt durchtreten und produzirt sich als kleine hell leuchtende Scheibe in Form des Mondes zwischen den Wolken auf dem Prospekte.

Die Erscheinung des Regenbogens wird nicht mittels aufgemalter Glasscheiben, sondern auf optischem Wege durch Prismen (Fig. 302) erzeugt. Das Licht wird zu diesem Behufe durch einen bogenförmig geschlitzten Spalt (*c*) hindurchgelassen und mittels des Objektivs *d*

auf das farbenzerstreuende Prisma *e* geworfen und von diesem auf den Prospekt in Form und Farbe des natürlichen Regenbogens übertragen, wobei das Prisma, ganz genau wie bei dem Naturphänomen selbst, die sieben Regenbogenfarben in ihrer natürlichen Reihenfolge und Abstufung wiedergiebt. (Vgl. auch Fig. 262, S. 294.)

Zu den zumeist bewunderten, mittels des Projektionsapparates ausführbaren Theaterkünsten gehören Geistererscheinungen auf der Bühne. Solche werden mittels einer einfachen, mit elektrischem Lichte oder Drummond'schem Kalklichte versehenen Projektionslaterne *L* (Fig. 303) und einer unbelegten grossen Spiegelglasscheibe *S S'* dargestellt. Man kann entweder diese Scheibe zum Publikum geneigt aufstellen oder schief auf die Bühne bringen, wie unsere Fig. 303

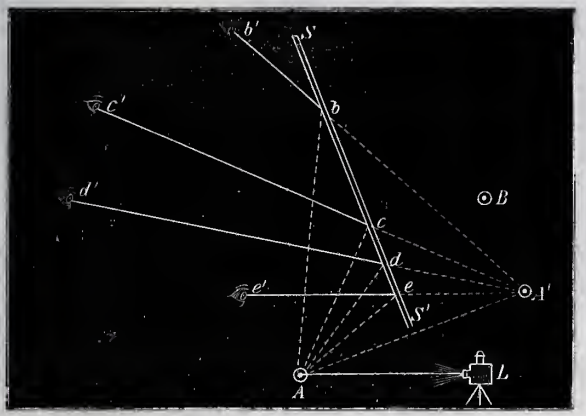


Fig. 303. Optische Theorie zur Darstellung von Geistererscheinungen.

als Grundrisszeichnung verständlich machen soll. Für letzteren Fall steht die zu beleuchtende Person, welche den Geist darstellt, hinter einer Coulisse, beleuchtet von der Lampe *L*. Auf der Bühne befindet sich der Schauspieler *B*, in dessen Nähe der Geist *A'* manipuliren soll. Die hell beleuchtete Figur *A* spiegelt sich auf dem Spiegel *S S'* in der Weise, dass die an verschiedenen Stellen des Zuschauerraumes sitzenden oder stehenden Leute *b' c' d' e'* in der Richtung von *b c d e* die gespiegelte Figur *A* sehen, und zwar sehen sie nach bekannten optischen Gesetzen das Spiegelbild in der Fortsetzung ihrer Sehaxe in *A'*. Da die Spiegelplatte nicht belegt ist, so sehen sie gleichzeitig die hinter der Spiegelplatte befindliche Bühne und den Schauspieler *B*. In unserer Fig. 304 ist mit Zuhilfenahme einer schiefen, nach dem Publikum geneigten Spiegelplatte die ganze Prozedur in perspektivischer Zeichnung dargestellt und

ergiebt sich der optische Vorgang aus den die Figur und den Spiegel durchsetzenden punktirten geraden Linien. Die von der Lampe L aus elektrisch beleuchtete Person des Schauspielers A spiegelt sich in der unbelegten Spiegelscheibe S bei A' und wird vom Zuschauerraume H aus, gemäss bekannten physikalischen Gesetzen in A'' gesehen, woselbst sie von dem Schauspieler B beschossen wird.

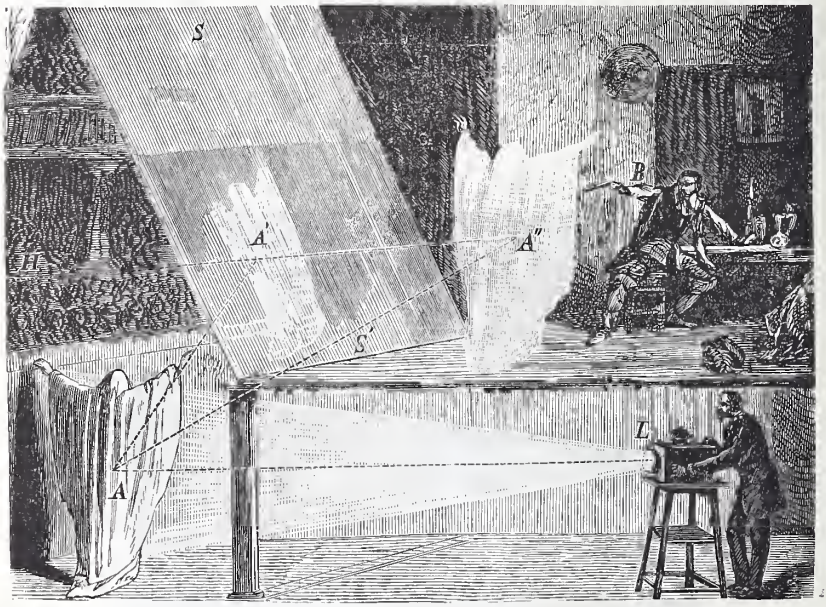


Fig. 304. Geistererscheinungen.

Durch Fig. 303 und das Bild Fig. 304 lässt sich daher ein derartiger optischer Vorgang leicht verstehen. Mit Zuhilfenahme eines kleinen Puppentheaters kann man auf die einfachste Weise den Schülern die in Rede stehenden merkwürdigen Erscheinungen in jedem Raume experimentell leicht vorführen.

6. EINIGES ÜBER DIE ANFERTIGUNG VON PROJEKTIONSBILDERN.

Eine jede Zeichnung, sowie jedes gemalte Bild, das man in der Lage ist, durchsichtig zu machen, kann zu Projektionszwecken mittels der meist üblichen Projektionsapparate dienen, während begreiflicherweise mittels der Vorrichtung zum Projiziren undurchsichtiger Gegenstände (Fig. 209) auch jeder andere Gegenstand projizirt werden kann. Durchsichtige Projektionsbilder kann man auf verschiedene Weise darstellen, entweder durch photographische Auf-

nahmen und wiederum auf Glas copirte Original-Negative, oder dadurch, dass man Glasscheiben präparirt, sodass sie Farben annehmen und man auf dieselben direkt zeichnet oder malt. Drittens können bezeichnete oder bedruckte Gelatinefolien zu Projektionen dienen.

Um photographische Transparentbilder zu Projektionszwecken anzufertigen, dient, falls das Original grösser ist, als das anzufertigende Projektionsbild, folgende einfache Vorrichtung. Ein vor dem Fenster *A* (Fig. 305) in einem Winkel von 45 Graden aufgestellter weisser Carton *B* wirft eine hinreichende Lichtmasse auf ein an das Fenster befindliches Negativbild, welches durch die Camera *C* in ein kleineres Diapositiv verwandelt wird. Hat aber das Negativ schon die Grösse des gewünschten Projektionsbildes, so kann man durch direktes Auflegen desselben auf eine präparirte lichtempfindliche Glasplatte ein Diapositiv herstellen. Hierzu kann man sowohl selbst präparirte als käufliche Platten verwenden. Für ersteren Fall überziehe man die zum Diapositiv zu benutzende Glasplatte mit sehr verdünntem Jodkollodium und sensibilisire in bekannter Weise. Hierauf wäscht man die Platte vorsichtig durch Uebergiessen mit reinem Wasser ab, lässt einige Tropfen filtrirten Bieres über die Schicht fliessen, um durch den Dextringehalt desselben die Lichtempfindlichkeit der Platte zu konserviren. Wenn dieselbe getrocknet ist, bringt man sie direkt unter das Negativ, sodass sich die präparirten Flächen berühren, exponirt sie dem Lichte und entwickelt das Bild in bekannter Weise.

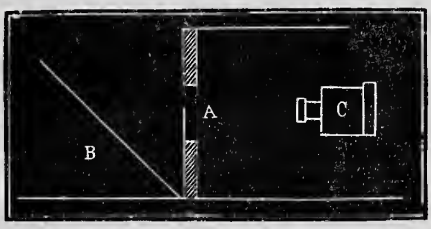


Fig. 305. Vorrichtung zur Anfertigung von Transparentbildern.

Wird diese Methode von geübter Hand ausgeführt, so erhalten die Projektionsbilder einen sehr zarten Ton und sind solche Abbildungen insbesondere da zu empfehlen, wo es sich um ein Ueberfahren mit Farben handelt; die vorher gewonnenen Photographien haben nur als Grundlage für das gemalte Bild zu dienen. Will man einfarbige Bilder in dem bekannten photographischen Tone oder schwarzlinige Photographien zu Projektionszwecken erzeugen, so genügen hierzu vollkommen die in neuerer Zeit allgemein bekannten und in allen Städten käuflichen Bromgelatine-Trockenplatten. Man presst zu diesem Behufe mittels zweier Klammern die präparirte Seite der Trockenplatte in einem dunklen Raume auf die Bildseite des Negativs auf, legt dieselben, Trockenplatte nach unten, auf einen

Tisch, über welchem eine Lampe befindlich ist, deckt einen Pappdeckel über die Platten und entzündet die Lampe. Hierauf klappt man rasch für die Dauer von etwa $^1/_4$ Sekunde den Pappdeckel auf und zu und die Exposition ist vollendet. Die Hervorrufung geschieht in bekannter Weise mittels oxalsaurem Kali und Eisenvitriol. (Näheres über die einschlägige Technik findet sich in diesem Werke Band I, Seite 239 bis 270). Neuerdings hat C. Wilde in Görlitz für Projektionsbilder recht geeignete Chlorsilbertrockenplatten angeboten, welche jedoch eine längere Expositionszeit bei Tageslicht erfordern.

Um Zeichnungen auf Glas darzustellen, muss das Glas vorher mit einem Mittel überzogen werden, welches Tusche oder Farbe annimmt, ohne dass solche auf dem Glase während des Zeichnens zerfliesse. Etwas Kautschuk in Benzol aufgelöst und hiermit die Platte übergossen, ist hierfür recht geeignet. Selbst das Uebergiessen mit Terpentinöl macht die Platte, nachdem sie gut getrocknet ist, zum Bemalen fähig.

Auch Bleistiftzeichnungen auf fein mattirten Glasscheiben, die man, nachdem die Zeichnung vollendet ist, mit Lack überzieht, um sie durchsichtig zu machen, geben schöne Transparentbilder.

Gelatinetafeln lassen sich mit Leichtigkeit bei Benutzung von chinesischer Tusche bezeichnen, bemalen oder bedrucken. Sehr schöne Projektionsbilder werden auch erhalten durch Bezeichnen berusster Glasplatten mittels scharfer Metallstifte: die Bilder erscheinen alsdann weiss auf schwarzem Grunde. Derartig erhaltene Bilder müssen selbstverständlich mittels Lack fixirt werden, was entweder durch vorsichtiges Eintauchen in verdünnten Firniss oder durch Bespritzen mittels eines Zerstäubungsapparates erzielt wird. Auch auf Papier vorhandene Zeichnungen, Kupferstiche und Holzschnitte lassen sich auf Glas übertragen. Das vorher gut gereinigte Glas wird mit verdünntem Damarlack übergossen und das bedruckte Papier in Alkohol eingeweicht. Nachdem letzteres abgetropft ist, wird es zwischen zwei Fliessblättern einigermassen getrocknet und, noch feucht, auf die Glasplatte mittels eines Wischers aufgepresst. Wenn man das Ganze trocknen lässt, ist nach einigen Tagen mittels eines feuchten Schwammes das Papier leicht abzureiben; die Zeichnung bleibt auf dem Glase kleben. Auch die im Handel allenthalben erhältlichen sog. transparenten Abziehbilder, wie solche von Kindern gewöhnlich auf Fensterscheiben zur Unterhaltung aufgetragen werden, sind, wenn auf Glasplatten übertragen, für Projektionszwecke geeignet.

Was die zu verwendenden Farben anbelangt, so eignen sich am besten zum Bemalen der Projektionsbilder die bekannten, in kleinen Zinnkapseln käuflichen Aquarellfarben. Besonders leicht ist es, Photographien zu koloriren. Man verdünnt die transparenten Aquarellfarben oder man reibt sie mit Siccativ- oder einem sonstigen Lacke an und überzieht mittels eines Pinsels rasch in gleichmässigen Tönen die verschiedenen Parthien der Photographie mit der Farbe, die sie erhalten soll. Die hohen Lichter kratzt man mittels eines feinen Stichels oder Radirmessers aus.

Will man direkt auf das Glas malen, ohne eine Photographie zu Grunde zu legen, so wird die vorher gereinigte Glasplatte mit Spiritus nochmals abpolirt und in oben erwähnter Weise grundirt. Das etwa aus einem Buche abzuzeichnende Bild wird unter diese Glasplatte geschoben und die Umrisse desselben mittels Feder oder Pinsel in feinen dunkeln Linien aufgetragen. Hierauf wird, damit sich die Linien erhalten, eine Schicht verdünnten Lackes übergegossen. Die Farben werden alsdann gerade so aufgetragen, wie beim Aquarellmalen überhaupt. Wer sich hierfür interessirt, muss sich eine Anleitung zum Aquarellmalen anschaffen, deren verschiedene im Buchhandel zu haben sind.

Uebrigens befassen sich in den jüngsten Jahren eine grössere Anzahl von Firmen mit der Darstellung und dem Vertriebe von Projektionsbildern, die so ziemlich jede in ihrer Art Gutes, mitunter Vortreffliches leisten. Die schon mehr erwähnten Firmen J. Ganz & Co. in Zürich, sowie Otto Wigand in Zeitz geniessen, was naturwissenschaftliche Photographien anbelangt, einen nicht unbedeutenden Ruf. Physikalische Apparate zur Projektion liefert die Firma Dr. Stöhrer & Sohn in Leipzig in vortrefflicher Güte; viele der oben erwähnten und abgebildeten physikalischen Apparate stammen aus den bekannten Werkstätten dieser Firma. Vortreffliche Projektionsapparate mit elektrischem Lichte sind von R. Bläsdorf Nachf. in Frankfurt a. M. erhältlich. Eine reiche Auswahl geographischer Bilder findet man bei Eduard Liesegang in Düsseldorf, schöne Reproduktionen aller Arten von Kunst- und Naturgegenständen auch bei Romain Talbot in Berlin und A. Krüss in Hamburg.

In der deutschen naturwissenschaftlichen Literatur ist bis jetzt die Lehre von der optischen Projektionskunst sehr stiefmütterlich behandelt worden. Es existirt überhaupt kein einschlägiges Werk aus neutraler Feder; alle derartigen Bücher rühren von Fabrikanten bezw. Verkäufern von Projektionsapparaten und photographischen Bedarfs-

artikeln her. Dem Verfasser sind diesbezüglich bekannt geworden die Abhandlung von Emil Stöhrer[1]) in Leipzig, ein vorzügliches Büchlein von E. Liesegang[2]) in Düsseldorf und eine Broschüre von W. Bahr[3]) in Eilbeck bei Hamburg. In Frankreich erschienen zwei recht gute einschlägige Schriften von Abbé Moigno[4]) und Fabrikant A. Molteni[5]); nicht nur der letztere, sondern auch der mittlerweile verstorbene Geistliche Moigno handelten mit Apparaten und Bildern. Die englische und amerikanische Litteratur, in welchen Ländern der Projektionsunterricht sich schon lange eingebürgert hat, ist demgemäss auch ziemlich reich an einschlägigen Schriften. Wir nennen als besonders bemerkenswerth diejenigen von W. J. Chadwick[6]) und einem Anonymus[7]) in London, sowie von L. Marcy[8]) in Philadelphia und A. E. Dolbear[9]) in Boston. Erstere drei sind ebenfalls Händler, der letztere ist Professor der Physik.

Wenn nun auch die meisten der in den Anmerkungen angeführten Schriften von den Herausgebern in der Absicht publizirt worden sind, ihren Fabrikaten eine weite Verbreitung zu geben, so wurde trotzdem mit denselben auch der guten Sache bedeutend Vorschub geleistet.

Möge für die Zukunft der naturwissenschaftliche Unterricht nicht nur durch das belebte Wort, sondern auch durch das erklärende Bild auch in Deutschland allgemein nutzbar und segenbringend gemacht werden. Durch Einführung der optischen Projektionskunst in alle Fächer des exakten Unterrichts wird die Erkenntniss von den ewigen Gesetzen der Natur immer mehr gefördert und ihrem einzigen Ziele, der endgiltigen Feststellung der Naturwahrheiten, immer näher gerückt werden.

---

[1]) Stöhrer, Emil, Die Projektion physikalischer Experimente. Leipzig 1876.

[2]) Liesegang, E., Die Projektionskunst für Schulen, Familien und öffentliche Vorstellungen. Achte Auflage. Düsseldorf 1882.

[3]) Bahr, W., Der Nebelbilder-Apparat, seine Handhabung und die Anfertigung transparenter Glasbilder. Leipzig 1875

[4]) Moigno, L'art des Projections. Paris 1872.

[5]) Molteni, A., Instructions pratiques sur l'emploi des appareils de Projection. Paris 1880.

[6]) Chadwick, W. J., The magic lantern manual. Second edition. London 1885.

[7]) The magic lantern how to buy and how to use it also how to raise a ghost. Houlston and Sons. London 1886.

[8]) Marcy, L. T., The Sciopticon manual. Sixth edition. Philadelphia 1885.

[9]) Dolbear, A. E., The art of Projecting. Boston 1883.

ACHTES KAPITEL.

DIE PHOTOGRAPHISCHE TECHNIK FÜR WISSENSCHAFTLICHE ZWECKE.

I. DIE FRÜHEREN, ZUM THEIL NOCH GEBRÄUCHLICHEN METHODEN.

(Albumin-, Papier- und Kollodium-Verfahren).

Keine auf naturwissenschaftliche Basis sich stützende Lehre wurde, mit Ausnahme derjenigen der angewandten Elektrizität, in so überraschend kurzer Zeit zu solcher Vollkommenheit gebracht, wie die photographische Technik. Noch vor einigen Jahren galt das photographische Verfahren mit gesilbertem Jod-Kollodium allgemein als unübertrefflich zur Erzielung allen Anforderungen genügender Negativ- und Positivbilder und heute dürfte es wohl kaum einen rationellen Photographen geben, der nicht der Arbeit mit Bromgelatine-Trockenplatten sich zugewendet hätte. Immerhin aber giebt es noch Jünger der Lichtbildkunst, welche wegen der überaus grossen Weichheit der zu erzielenden Negative das alte Verfahren noch für manche Fälle beibehalten haben.

Anders auf dem Gebiete der wissenschaftlichen Photographie. Hier tritt zu der Bequemlichkeit, welche die Trockenplatten dem wissenschaftlichen Photographen bieten, noch der höchst wichtige Umstand, dass dieselben ihre Empfindlichkeit monate-, ja mitunter jahrelang bewahren. Dieselben können deshalb einerseits für wissenschaftliche Reisen als unentbehrlich bezeichnet werden, andererseits gestatten dieselben, insbesondere auf dem Gebiete der mikroskopischen Photographie und der Astrophotographie in gewissen Fällen eine unbegrenzte Expositionsdauer, sodass es ermöglicht wird, mit denselben auch sehr schwache Lichterscheinungen photographisch zu fixiren.

Obwohl nun für den Zweck dieses Buches die Behandlung der alten photographischen Verfahrungsweisen in Berücksichtigung des heutigen Standes einschlägiger Technik als überflüssig bezeichnet werden könnte, haben wir trotzdem in gedrängtester Kürze bei Behandlung der Mikrophotographie die Prinzipien des Kollodiumverfahrens

mitgetheilt (Seite 252—260), weil in seltenen Fällen bei derartigen Aufnahmen solches zu bevorzugen ist.

Schon im ersten Bande dieses Werkes (Seite 11—18) wurde der ersten Anfänge der Photographie, der Daguerreotypie und des Papierverfahrens, von seinem Erfinder Talbot Kalotypie genannt, vorübergehend gedacht. Talbot (1841) präparirte ein Stück Schreibpapier mit Silbernitrat und Jodkollodium und entwickelte nach der Exposition mit einer Mischung von Silbernitrat und Gallussäure. Seine Papiernegative fixirte er mit unterschwefligsaurer Natronlösung, wusch solche genügend aus, trocknete sie und machte sie durch Baden in flüssigem Wachse durchsichtig, um später von solchen Negativen durch Kopiren eine grössere Anzahl positiver Abdrücke zu erzielen. Mancherlei Verbesserungen dieses für die ersten Anfänge des Negativprozesses schon recht bemerkenswerthen Verfahrens geschahen durch Le Gray, Parr, Greenlaw und mehrere andere englische Chemiker. Insbesondere aber war es Le Gray, welcher durch Einführung des Wachspapier-Trockenverfahrens die in Rede stehende Methode zu einer Vollkommenheit gebracht hatte, welcher nur der Ersatz des Papieres durch Glas fehlte, ein Fortschritt, der, wie in der historischen Einleitung des ersten Bandes (Seite 18) erwähnt, dem Begründer der Glasphotographie, Niépce de St. Victor, vorbehalten geblieben war. Wir geben in Folgendem eine Schilderung der von Le Gray verbesserten Kalotypie-Methode; die Aufnahmen wurden mit sehr primitiven Kameras (vgl. Bd. I, S. 39, Fig. 40) ausgeführt und sei betreffs der Aufnahmeapparate auf Bd. I, S. 39—45, sowie Bd. II, S. 346 verwiesen.

Das zu diesem Verfahren nothwendige Papier muss homogen, ziemlich dünn, sowie frei von allen Flecken, Pünktchen und Körnchen sein. Man setze eine reine viereckige Porzellanschale in ein Wasserbad von Blech und schmelze in derselben mittels Spirituslampe etwas weisses Wachs, so dass das flüssige Wachs den Boden der Porzellanschale bedecke. Auf dieser Flüssigkeit lasse man nun ein solches Stück Papier von beliebiger Grösse etwa 20 Sekunden schwimmen, bis sich dasselbe mit Wachs angesaugt hat und durchsichtig geworden ist; es wird bei dem Herausnehmen sofort trocken werden. Das an dem Papier hängende überschüssige Wachs wird mittels eines warmen Bügeleisens in der Weise beseitigt, dass das Wachspapier zwischen einige Bogen schwedischen Fliesspapieres gelegt und einige Mal mit einem nicht zu heissen Eisen überbügelt wird; das überschüssige zerfliessende Wachs wird von dem Fliesspapier auf-

gesaugt. Die Ueberbügelung kann auch mit einem durch aufgelegte brennende Kohlen heiss gemachten Blechlöffel vorgenommen werden.

Allzu heisse Behandlung macht das in das Papier eingedrungene Wachs zum Theil wieder verdunsten, in welchem Falle die Prozedur von Neuem vorgenommen werden muss.

Das auf diese Weise gewonnene Papier wird durch Eintauchen in eine jodirte Abkochung von Reis und Milchzucker präparirt und mit salpetersaurem Silberoxyd sensibilisirt.

Man nehme hierzu:

destillirtes Wasser	1500 Kubikcentimeter
Reis	100 Gramm

und versetze die filtrirte Abkochung, nachdem sie ganz klar geworden, mit:

destillirtem Wasser	500 Kubikcentimeter
Milchzucker	25 Gramm
Jodkalium	8 „

Das Papier hat mindestens zwei Stunden in der Mischung zu verweilen, da das Fett die Lösung nur sehr allmählig in sich aufnimmt; eine durch Reaktion des Jod auf die vorhandene Stärke entstehende violette Färbung wird im Silberbad infolge der grösseren chemischen Affinität des Jod zum Silbersalze wieder verschwinden. Das Papier wird durch Aufhängen an Klammern getrocknet. (Fig. 306.)

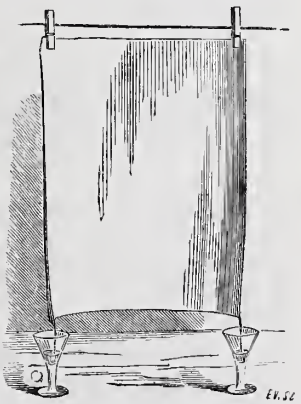


Fig. 306. Präparation des Wachspapieres.

Das zur Sensibilisirung gebräuchliche Silberbad besteht aus:

destillirtem Wasser	500 Kubikcentimeter
salpetersaurem Silberoxyd	30 Gramm
Eisessig	30 „

In diese Lösung taucht man das Papier auf 5 Minuten mittels eines gebogenen Glasstabes unter. Nach dem Herausnehmen wird das sensibilisirte Papier tüchtig und wiederholt in Regenwasser abgewaschen, zwischen Löschpapier getrocknet, noch etwas feucht vor der Exposition zwischen zwei Glasplatten gepresst und mit diesen in die Kassette gelegt; selbstverständlich muss bei all diesen Manipulationen alles wirksame Licht vermieden werden. Die Expositionsdauer variirt zwischen 5 bis 15 Minuten, je nach der Kraft der Beleuchtung. Die Hervorrufung geschieht mittels Gallussäure: 100 Gramm Gallussäure werden in 500 Gramm warmen Alkohols gelöst, filtrirt und mit 5 Gramm

Eisessig versetzt. Von dieser alkoholischen Lösung, welche sich lange aufbewahren lässt, nehme man 4 Kubikcentimeter auf 1 Liter destillirten Wassers, nebst 1 Kubikcentimeter obiger Silberlösung, tauche das exponirte Papier bei circa 30° C. ein und lasse es circa $^1/_2$ Stunde in der Entwicklungsflüssigkeit liegen; das Bild wird sich bei richtiger Expositionszeit hübsch entwickelt haben, um nach genügender, $^1/_2$ Stunde andauernder Waschung mittels unterschwefligsauern Natrons fixirt und nochmals tüchtig ausgewaschen zu werden. Zeigen sich weisse Wachspunkte, so wird wiederholt zum Schluss mit einem warmen Eisen gebügelt. Will man Wachspapier nicht vorräthig halten, so kann man die Methode auch folgendermassen ausführen: Reines homogenes Papier lässt man vor der Wachsdurchtränkung auf einer Lösung von

Jodammonium	1	Gramm
destillirtem Wasser	100	„

5 Minuten lang schwimmen, in einem Bade von

destillirtem Wasser	500	Gramm
essigsauerem Silberoxyd	40	„
essigsauerem Zinkoxyd	15	„
Eisessigsäure	15	„

sensibilisiren und bei einer Expositionszeit von 3—30 Sekunden exponiren. Man entwickelt derartige Bilder, indem man sie auf einer konzentrirten Lösung von 100 Gramm Gallussäure, gemischt mit 3 Gramm einer konzentrirten essigsaueren Ammoniaklösung, einige Sekunden schwimmen lässt, mit unterschwefligsauerem Natron fixirt, das Bild fleissig mit Wasser behandelt, trocknet und dann erst nach obiger Methode mit Wachs durchtränkt.

Zu der Zeit, da man von dem Papier-Verfahren zu dem Glas-Negativ-Verfahren übergegangen war, wurde indess ersteres noch mannigfach, insbesondere von reisenden Photographen, benutzt und theils mit den neueren Verfahren des Ueberziehens mit Jodkollodium vereinigt, theils überzog man Glasplatten mit paraffinirtem Papiere und behandelte solche alsdann genau so, wie bei dem alsbald zu erwähnenden und schon früher gelegentlich der mikroskopischen Photographie geschilderten Kollodium-Prozesse. Nach vollkommener Fixirung des Bildes wurde dasselbe von der Platte abgetrennt und auf diese Weise zum Transportiren geeigneter gemacht. In neuester Zeit tritt das Papier-Verfahren wieder recht lebhaft in den Vordergrund in Form der Gelatine-Emulsions-Papiere, über deren Verwendungsweise später berichtet werden wird.

Das Albumin-Verfahren, auch Eiweiss-Photographie oder Niépçotypie nach deren Erfinder Niépce de St. Victor genannt, ist die Kunst, Bilder auf mit einer Eiweissschicht überzogenem Glase darzustellen. Niépce war der Erste, welcher überhaupt Glas zu Negativen benutzte. Ueber die praktische Darstellung der Albuminplatten ist im ersten Bande Seite 285—288 eingehend berichtet. Das Verfahren kommt heutzutage nur noch zum Zwecke der Anfertigung von stereoskopischen und diapositiven Bildern zu Projektionszwecken zur Verwendung. Die in geschilderter Weise (vgl. Band I, Seite 285) gewonnenen lichtempfindlichen Albumin-Platten werden mit Negativen in Kopirrahmen verbunden und wie bei dem Papier-Druckverfahren (vgl. Band I, Seite 277) exponirt. Die Expositionsdauer in der Sonne soll, vorausgesetzt, dass gute Negative benutzt werden, zehn Sekunden nicht übersteigen. Die gewonnenen Diapositive werden in einer verdünnten Quecksilberchloridlösung gebadet und mittels Goldchlorid (vgl. Band I, Seite 278) gefärbt. Zur Erzeugung sehr zarter Albumin-Transparentbilder wird von Eder*) das Ferrier'sche Verfahren als das vortrefflichste empfohlen.

„Man schlägt 500 ccm Eiweiss, 5 g Jodkalium und $^1/_4$ g Jod zu Schnee, lässt 24 Stunden stehen und filtrirt. Platten-Ueberziehen: Zuerst haucht man die Glasplatte an, dann giesst man die Lösung auf und lässt den Ueberfluss in ein anderes Glas laufen. Wenn man die Theile der Glasplatte, welche nicht mit der Lösung bedeckt sind, anhaucht, wird die Ausbreitung derselben befördert. Silberbad: 10 Th. Silbernitrat, 10 Th. Eisessig, 100 Th. Wasser; eine Minute silbern. Waschen mit Wasser; trocknen. Exposition im Kopirrahmen bei zerstreutem Tageslicht einige Sekunden. Entwickler: 500 Th. Wasser, 8 Th. Gallussäure, 4 Th. essigsaurer Kalk und etwas Silberlösung. Getont wird entweder in Chlorgold (Purpur-Ton) oder zuerst in einer schwachen Sublimat-Lösung, auf welche das Chlorgoldbad folgt (schöner Sepia-Ton), fixirt vor oder nach dem Vergolden."

Das nasse Kollodium-Verfahren ist gelegentlich der Behandlung der mikroskopischen Photographie auf Seite 239 bis 260 des ersten Bandes für wissenschaftlich-photographische Zwecke in genügender Weise mitgetheilt. An dieser Stelle sind nur diejenigen Kollodium-Verfahren nachzutragen, welche sich von jener Methode unterscheiden und bisweilen noch zur Verwendung empfohlen werden könnten. Es sind dies die Methoden der direkten positiven Aufnahmen auf Glas, d. h. derjenigen Bilder, welche infolge kurzer Expositionszeit das gewonnene Bild bei auffallendem Lichte sofort positiv erscheinen lassen. Solche Bilder können auf, mit Asphaltlack über-

*) Eder, Ausführliches Handbuch der Photographie. Band II, Seite 106.

zogenen Eisenplatten. auf Glas oder auf Leinwand mittelst der Kamera dargestellt werden. Die auf schwarz oder braun lackirten Blechplatten erzielten Abbildungen werden auch Ferrotypien*) und Melainotypien genannt. Das zu solchen Aufnahmen benutzte Kollodium ist ziemlich zu verdünnen und hat pro Liter Flüssigkeit zu bestehen aus:

Jodammonium	6 Theile	Collodionwolle	5 Theile
Jodcadmium	6 „	Alkohol	500 „
Bromcadmium	5 „	Aether	500 „

Als Entwickler dient eine (ähnlich wie die im ersten Bande Seite 247 angegebene) Eisenlösung. Das entwickelte Bild wird in ebenfalls schon im ersten Bande mitgetheilter Weise fixirt und lackirt. Auf allen Ferrotypien erscheinen die Bilder wie auf den Negativen insofern umgekehrt, als rechts und links durch die Linsenwirkung vertauscht ist. Im Grossen und Ganzen hat solches für Portraitaufnahmen keine sonderliche Bedeutung. Soll diese Umkehrung verhütet werden, so ist ein Umkehrungsprisma, wie später genau beschrieben und abgebildet, zu benutzen.

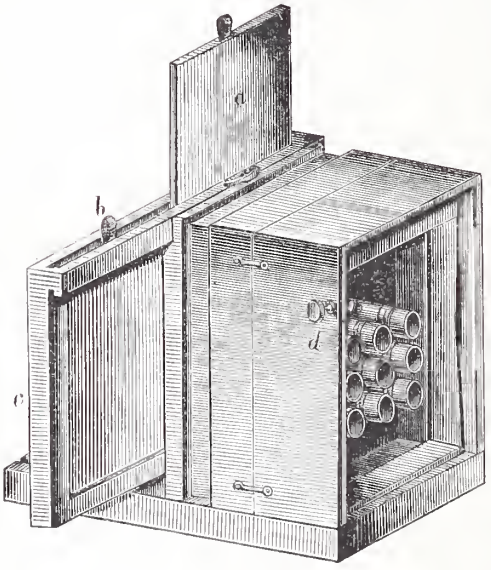


Fig. 307. Multiplikator mit 9 Objektiven.

Um eine grössere Zahl von Aufnahmen solcher Portraits auf einmal bewerkstelligen zu können, dienen sogenannte Multiplikatoren, d. h. mit einer grösseren Anzahl von Objektiven versehene Kameras (Fig. 307). Die Einstellung wird für die verschiedenen Objektivköpfe (in unserem Falle neun) mittelst einer einzigen Schraube d bewerkstelligt, sodass man die gleiche Arbeit, wie bei einem einzigen Objektive, auszuführen hat. Die Exposition mit solchen Apparaten kann für rasche Aufnahmen durch Aufsetzen eines grossen Momentverschlusses mit quadratischer Oeffnung (vgl. Seite 348), für lang-

*) Genaueres über diesen Prozess findet man in dem Schriftchen von Liesegang, „Die Ferrotypie."

samere Aufnahmen bei trüber Witterung mittelst eines Handverschlussbrettes geschehen. Durch Verschieben der Kassette *c* und aufeinanderfolgendes Aufziehen der beiden Deckel *a* und *b* kann man rasch hintereinander 18 Aufnahmen auf einer einzigen Platte gewinnen.

Die oben erwähnten, mit dem Apparate Fig. 307 aufgenommenen direkten Positive müssen entweder, wenn man solche sofort als vollendet betrachten will, mit schwarzem Asphaltlack oder schwarzem Lackpapier überzogen werden. Meist jedoch werden solche auf Wachsleinwand abgezogen, die betreffenden Bilder werden Pannotypien (von Pannus = das Tuch) genannt. Ein in der Grösse des Glasbildes abgeschnittenes Stück Wachsleinwand wird mittels eines Wischers auf die Platte aufgedrückt, nachdem es in verdünnter Essigsäure (1 zu 10) eingetaucht worden war. Das Kollodium haftet infolge dieser Prozedur fester an der Wachsleinwand, als an dem Glase und wird alsdann das abgezogene Bild, selbstverständlich ohne Verwechselung der beiden Seiten, in richtigen Lageverhältnissen gewonnen.

Das Abziehen der Kollodiumschicht ist übrigens auch zu anderen Zwecken vielfach in Gebrauch, um zu verhüten, dass an vollendeten Bildern rechts und links vertauscht sei. Das Kollodium der Negativbilder, welche später zum Abziehen bestimmt sind, muss auf sehr reine und fein polirte Glasplatten aufgegossen worden sein. Das Abziehen geschieht durch Uebergiessen des Bildes mit einer Lösung von:

Gelatine	50 Theile	Salicylsäure	0,5 Theile
Glycerin	15 „	Alkohol	100 „
Eisessigsäure	30 „	Wasser	500 „

Diese Mischung giebt, in dünner Schicht aufgegossen und getrocknet, eine lederartige Masse. Die Salicylsäure wird, um Schimmel zu verhüten, beigesetzt. Die Lösung wird erwärmt und ebenso wie Kollodium über das lackirte Negativ gegossen. Nach Erstarren und Antrocknen der Gelatine wird die Platte schwach erwärmt und Rohkollodium oder Negativlack über dieselbe gegossen. Nach Trocknen auch dieser Schicht schneidet man etwa einen halben Centimeter vom Rande die ganze Schicht durch und zieht solche mit dem Bilde vom Glase ab. Die abgezogenen Häute werden am besten zwischen Papier in einem eigens hierzu vorhandenen Buche verwahrt. Auch noch andere Methoden des Abziehens sind da und dort angegeben, jedoch ist die geschilderte die am meisten gebräuchliche. Von solchen abgezogenen Negativen kann man direkte Kopien anfertigen, meist jedoch werden dieselben zum Anfertigen von Lichtdruckplatten benutzt, wie in dem betreffenden Paragraphen des Weiteren mitgetheilt werden wird.

Vor Erfindung der Bromgelatine-Trockenplatten wurden vielfach mit Bromsilber oder Chlorsilber versetzte Kollodium-Emulsionen zur Anfertigung von Trockenplatten verwendet, jedoch ist man neuerdings zu Gunsten des Gelatine-Trockenverfahrens von dieser Methode abgekommen, weshalb wir solche in diesem Werke zu übergehen uns berechtigt glauben. Dagegen hat die Erzeugung von Kopien mittels Chlorsilberkollodium auf Glas, welche Platten ähnlich wie das Chlorsilberpapier (vgl. Band I, Seite 276) benutzt werden, für uns eine Bedeutung. Das Chlorsilberkollodium besteht aus verschiedenen in Aether und Alkohol gelösten Chlorsalzen, welchen citronensaures Silberoxyd beigefügt ist. Mit derartigem Kollodium werden rein geputzte und mit Albuminlösung überzogene Glasplatten übergossen, getrocknet und im Kopirrahmen exponirt, je nach Wunsch in ein Goldbad gebracht (vgl. Band I, Seite 278), alsdann gewaschen und fixirt. Die mittelst dieser Methode gewonnenen positiven Glasbilder sind insbesondere für die Laterna magica in hohem Grade geeignet. (Vgl. Seite 285, Band I, zur Kenntnissnahme der Zusammensetzung der zugehörigen Chemikalien). Fertige Platten bei F. Wilde in Görlitz.

2. MODERNE AUFNAHMEAPPARATE.

a) KAMERA.

Die Anschaffung eines geeigneten Aufnahmeapparates (Kamera, Stativ, Kassette und Objektivverschluss) bedarf ganz besonderer Aufmerksamkeit. Es handelt sich hier weniger um Erfüllung dieser oder jener Liebhaberei, um Form, Grösse und Eleganz, sondern es sind andere Bedingungen für eine brauchbare moderne Kamera vorhanden, welche bei Ankauf einer solchen stets berücksichtigt werden sollten. Leichtigkeit und Einfachheit derselben ist erste Bedingung. Des Weiteren ist darauf zu sehen, dass der Rahmen, welcher einerseits die Einstellscheibe, andererseits die Kassette zu tragen hat, leicht sei und im Verhältniss zur Brennweite des Objektivs hin- und hergeschoben werden kann. Das Stativ muss möglichst fest und doch für die Zwecke des Transports geeignet, d. h. bequem zum Zusammenlegen eingerichtet sein. Die Beweglichkeit der Kamera auf dem Stativ muss durch mechanische Vorrichtungen sowohl nach rechts und links, als nach oben und unten geschehen können, damit man bei dem Richten derselben nach dem zu photographirenden Gegenstand nicht gehindert werde. Die heutzutage bei den meisten der üblichen Kameras vor-

handenen dehnbaren Auszugsvorrichtungen müssen von gutem lichtdichten Stoff gearbeitet sein, besonders solid an Ecken und Kanten. Ist die Kamera vollkommen ausgezogen, so darf beim Hineinblicken in dieselbe aus einem dunkeln Raume ins Helle keinerlei Lichtschein, auch nicht die geringste Spur Licht durch dieselbe dringen. Absolute Sicherheit betr. die Lichtdichtigkeit der Kamera kann dadurch gewonnen werden, dass man bei geschlossenem Objektive in dieselbe eine höchst lichtempfindliche Gelatineplatte stellt. Diese Platte darf

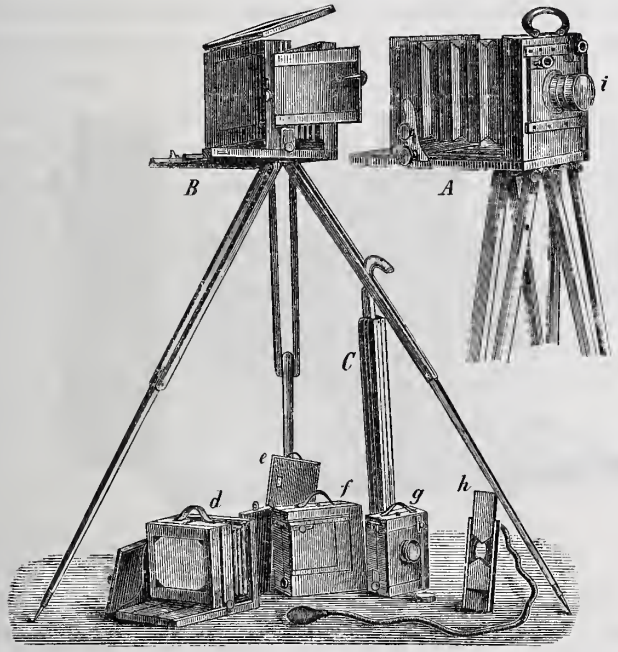


Fig. 308. Das Aufnahme-Instrumentarium.

bei der Entwickelung keinerlei dunkle Streifen, Flecke oder irgend welche Form eines Lichteindrucks zeigen.

Man hat des Weiteren sich dem Verkäufer gegenüber sicher zu stellen, dass die in der Kassette befindliche lichtempfindliche Platte mathematisch genau an derselben Stelle sich befinde wie die matte Scheibe. Auch die Kassetten sind auf ihre Undurchlässigkeit von Licht zu prüfen. Es geschieht dies einfach dadurch, dass man in dieselben lichtempfindliche Platten bringt und die Kassetten an einem hellen Orte aufstellt. Nach einer Stunde werden die Platten hervorgerufen, zeigen dieselben alsdann keine Lichteinwirkungen, so können die Kassetten

als vollkommen brauchbar bezeichnet werden. Es ist jedoch von Zeit zu Zeit diese Untersuchung zu wiederholen, da im Sommer allzugrosse Trockenheit, im Winter Feuchtigkeit auf manche Holzarten theils ausdehnend theils zusammenziehend wirkt, wodurch sehr feine Sprünge entstehen können, die oft dem oberflächlich untersuchenden Auge entgehen.

Eine sehr empfehlenswerthe Kamera für Dilettanten ist das in Fig. 308 (S. 347) abgebildete, von Haake & Albers (Frankfurt a. M.) erhältliche Modell. Dasselbe kann auf ein sehr geringes Mass zusammengelegt werden. Bei *A* ist der aufgestellte Apparat in der Vorderansicht, bei *B* in der Hinteransicht und zwar mit eingeschobener Kassette

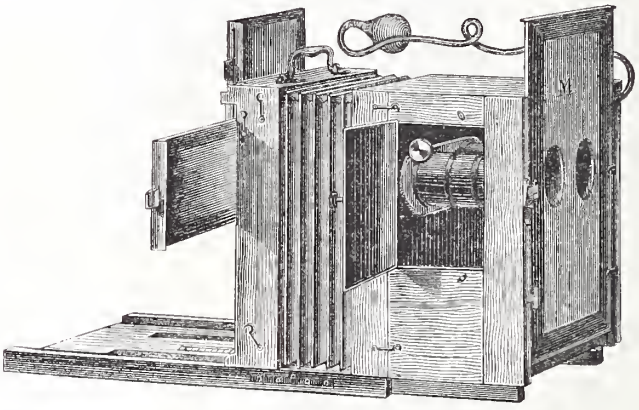


Fig. 309. Stereoskop-Kamera mit Momentverschluss.

gezeichnet. *C* ist das zusammengelegte bei *B* in Aufstellung ersichtliche Stativ. *d* zeigt den gleichen Apparat mit eingeschobener Visirscheibe, *e* ein für den Transport der Platten bestimmtes Plattengehäuse (vgl. Fig. 311), *f* den vollständig zusammengelegten Apparat, *h* den zugehörigen Momentverschluss (vgl. Fig. 330); das Objektiv *i* ist auf ein Brettchen montirt, welches in zwei Nuten läuft und leicht herausgenommen werden kann, um mit einem anderen Objektive bezw. einem Brettchen, welches zwei zusammengehörige Objektive für Stereoskopaufnahmen trägt, gewechselt zu werden.

Um stereoskopische Doppelbilder zu erhalten, müssen, wie schon Band I, Seite 40, sowie Seite 46—51 auseinandergesetzt, die an die Kamera anzufügenden beiden Objektive unter einem minimal verschiedenen Winkel aufgesetzt sein, sodass das eine Bild etwas mehr von der rechten, das andere mehr von der linken Seite zur Darstellung

gelangt. Eine solche einfache stereoskopische Kamera ist in Fig. 309 abgebildet. Der zugehörige Momentverschluss (*M*) muss natürlicherweise ein doppelter sein. Bei dem in unserer Figur abgebildeten Apparate ist derselbe durch einen besonderen Vorbau mit der Kamera verbunden. Sehr geeignet für stereoskopische Aufnahmen ist auch der im ersten Bande Seite 41, Fig. 47 beschriebene und abgebildete Apparat.

b) KASSETTEN.

Im Grossen und Ganzen unterscheiden sich die Trockenplatten-Aufnahme-Apparate für die meisten Erfordernisse im Prinzip nicht von denjenigen des im ersten Bande dieses Werkes geschilderten feuchten Kollodium-Verfahrens. Der Umstand jedoch, dass wir es hier mit trockenen Platten zu thun haben, erlaubt es, eine grössere Anzahl derselben rasch hinter einander zu exponiren, ohne solche sofort zu entwickeln und zu diesem Zwecke sind in den jüngsten Jahren verschiedene Spezial-Konstruktionen bekannt geworden, von denen wir hier einige der bewährtesten und auch von uns verschiedentlich benutzten mittheilen wollen.

Fig. 311.

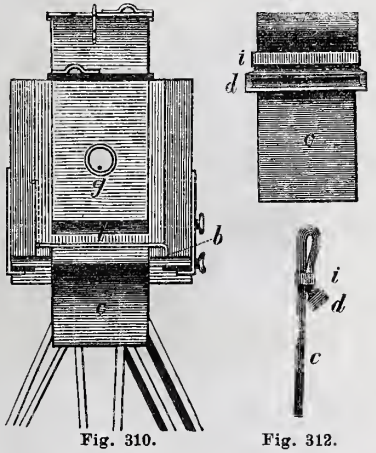


Fig. 310. Fig. 312.

Fig. 310—312 Beutelapparate.

In erster Linie unterscheiden sich die Kassetten aller für den Trockenplatten-Prozess bestimmten photographischen Aufnahmeapparate vor den bei dem Kollodiumprozesse verwandten durch den Bau. Während bei feucht präparirten Platten einfache Kassetten benutzt zu werden pflegen, sind bei dem Trockenverfahren Doppelkassetten für zwei Platten in Gebrauch, sowie Einrichtungen, welche eine grössere Zahl von Platten hintereinander auf mechanische Weise in die Kamera zu bringen gestatten. Ueber hierher gehörige Konstruktionen, die Wechselkästen und deren Gebrauch, wurde schon ausführlich Band I, Seite 262 bis 266 berichtet.

Ein neuer Wechselapparat, bei welchem die Platten sich in Beuteln befinden, ist in Fig. 310 in seiner Hinteransicht abgebildet, um die Anwendungsweise der erwähnten Plattenbeutel zu zeigen. Vor der Aufnahme wird die Kassette, welche an ihrer unteren Seite einen Plattenschlitz hat, herumgedreht, der aus einem Holzstängchen be-

stehende Schieber *b* herausgezogen und auf den erwähnten Schlitz der an seiner oberen Seite mit einem Metallrähmchen *d* versehene Beutel, Fig. 311, aufgesetzt. Hierauf wird dessen Gummiverschluss *i* weggezogen, wodurch sich der Beutel *c* verlängert; bei dem Umstürzen des Beutels fällt die in demselben enthaltene Platte in die Kassette herein. Nun wird der erwähnte Schieber *b* wieder geschlossen, die Kassette herumgedreht und die in derselben befindliche Platte mittelst der Schraube *g* gegen den Kassettenrahmen gedrückt, um

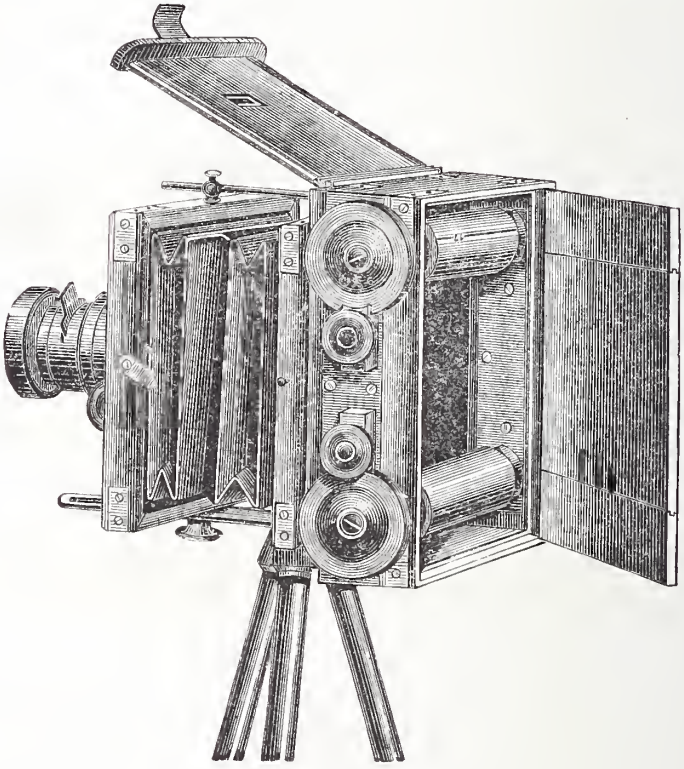


Fig. 313. Warnerke's Roll-Kasette.

der matten Scheibe, auf der das Bild vorher eingestellt war, in ihrer Lage zu entsprechen. Ist exponirt, so wird einfach der Schieber *b* aufgezogen, die Platte fällt in den Beutel *c* zurück, derselbe wird umgeklappt, mit dem Gummiband *i* geschlossen und von der Kassette abgenommen, um für einen folgenden Beutel den Platz zu räumen. Da diese Beutel ziemlich leicht und dünn sind, so lässt sich eine grössere Anzahl derselben bequem mitnehmen. Es lässt sich jedoch für dieselben im Vergleiche mit den Holzbüchschen, Fig. 336, kaum

ein besonderer Vortheil erkennen. Bei Querstehen der Kassette steht ein Theil des Beutels quer vor und der Rest hängt herunter. (Erfinder: Koppe und Moh in Görlitz.)

Bei einer anderen Form der neuesten Kamera's und Kassetten ist das Prinzip des alten Talbot'schen Papierverfahrens wieder zur Geltung gekommen. Schon im Jahre 1875 wurde in der Wiener Zeitschrift „Photographische Korrespondenz" ein Apparat des englischen Erfinders L. Warnerke beschrieben, in welchem ein mit Bromsilberemulsion bestrichener, auf eine Rolle aufgewickelter langer Papierstreifen an Stelle der Glasplatten benutzt wurde. Unsere Abbildung Fig. 313 zeigt eine solche Warnerke'sche Rollkassette an einem Apparate angebracht. An der unteren Rolle ist das Ende des Papieres befestigt, das auf die obere Rolle aufgewickelt ist. Die Rollen können von aussen gedreht werden, sodass es möglich wird, mehrere Aufnahmen hintereinander durch Herumdrehen des Papieres von einer Rolle auf die andere zu bewerkstelligen. An der Aussenseite der Kassette kann man ablesen, wie viel von dem Papiere für jede einzelne Aufnahme abgerollt ist und durch eine einfache Vorrichtung ist dasselbe, nachdem es abgerollt, zu spannen.

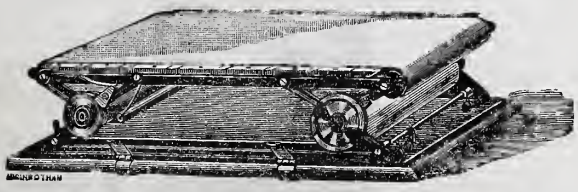


Fig. 314. Eastman's Rollkassette von innen.

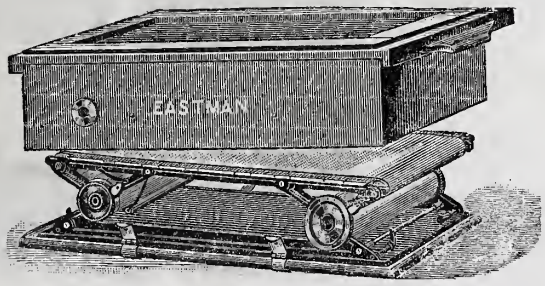


Fig. 315. Eastman's Rollkassette von aussen.

Das von Warnerke erfundene Prinzip wurde von den Amerikanern Eastman und Walker neuerdings in sehr praktischer Weise vervollkommnet. Während früher ein Auseinanderschrauben des Mechanismus nöthig war, um frisches Papier einzulegen, wird letzteres bei der Eastman'schen Kassette in einer sehr einfachen Weise erneuert. Das Papier läuft, wie aus Fig. 314 ersichtlich, auf zwei Walzen, wie bei vorher erwähnter Form, jedoch kann das Ganze nach Belieben auseindergenommen und wieder zusammengesetzt werden. In Fig. 315 ist die Kassette mit ihrem Schieber ein wenig

über den Rollenmechanismus emporgehoben. Die an der Kassette ersichtliche runde Oeffnung stimmt mit der einen Rolle links zusammen und ist für einen Schlüssel vorhanden, der in Fig. 316 neben dem Apparate abgebildet ist. Ist nämlich die Kassette geschlossen und soll nach einer Exposition um eine Bildgrösse das Papier weiter geschoben werden, so wird mittelst des Schlüssels die Rolle gedreht. Ist ein genügendes Stück Papier abgerollt, so entsteht automatisch ein Glockensignal, worauf der Schlüssel entfernt wird. In Fig. 314 ist der Rollenmechanismus ohne die Kassette abgebildet. In Fig. 316 sehen wir die Bodenseite aufgeschlagen und die Rollen-Einrichtung verdeutlicht. Ist eine Rolle Papier verbraucht, so hat

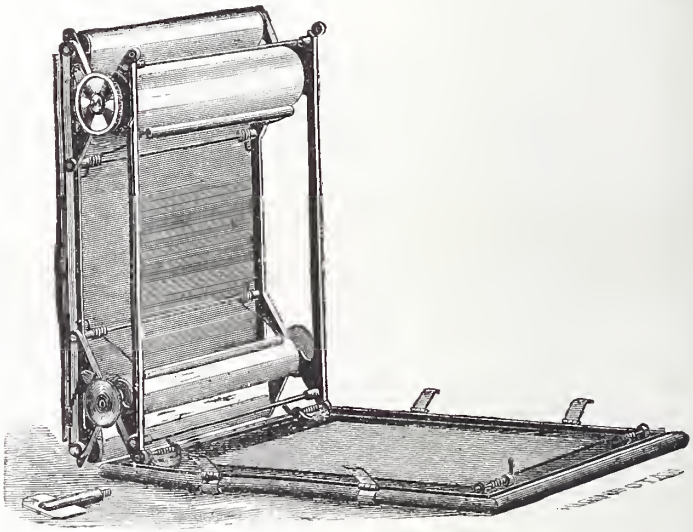


Fig. 316. Rollenmechanismus der Eastman-Kassette.

man nicht nöthig, im Dunkeln eine neue Rolle auf den Apparat aufzuwickeln, sondern man kann eine im Vorrath vorhandene zweite Rolle, Fig. 317, in den Apparat einsetzen, da die metallische Axe derselben in den Apparat hineinpasst und nur eingehängt zu werden braucht. Hierauf wird das Ende der oberen Rolle abgezogen und an das der unteren Rolle durch eine geeignete Vorrichtung festgezwängt. Auch eine Perforirnadel ist in dem Apparate angebracht, welche nach jeder Aufnahme automatisch einen Stich in das Papier macht, um die Stelle anzugeben, an der das Papier abgeschnitten werden soll. Will man nur eine oder wenige Aufnahmen machen und sofort hervorrufen, so kann man (stets im Dunkeln) die hintere Klappe der Kassette (Fig. 316) aufklappen und das exponirte

Stück mittelst der Scheere abschneiden und herausnehmen. Die Kassetten werden in verschiedenen Grössen, je nach Bedarf abgegeben und können an jeden vorhandenen Apparat leicht angepasst werden.

Das Einstellen des Bildes geschieht mit einer gewöhnlichen Visirscheibe, nur muss solche, wenn die Rollkassette nicht vom Fabrikanten selbst an den Apparat angepasst ist, durch Versetzen, auf die gleiche Entfernung vom Objektive, wie das Papier, gebracht werden.

Das Hervorrufen und Fixiren der Bilder wird in gleicher Weise bewerkstelligt, wie bei den mit Bromsilbergelatine überzogenen Glasplatten. Die Negative müssen, nachdem sie fixirt und getrocknet sind, durchsichtig gemacht werden, wozu am besten Oelvaseline, mit der die Rückseite des Papieres bestrichen wird, zu benutzen ist. Die Methode zeichnet sich einerseits dadurch aus, dass auf Reisen das Mitnehmen beschwerlicher Wechselkasten oder Wechselkassetten vermieden wird, andererseits aber haben die erhaltenen Negative den Nachtheil, dass sie erst durchsichtig gemacht werden

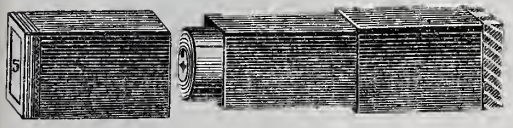


Fig. 317. Papierrolle zur Phot. Rollkassette.

Fig. 318. Eastman's Metallrähmchen.

müssen. Wird man dazu gekommen sein, ein vollkommen transparentes Papier herzustellen und solches mittelst einer Gelatineemulsion zu präpariren, so würden die Rollkassetten alle anderen Methoden bald verdrängt haben. Der Erfinder der Rollkassetten Eastman empfiehlt übrigens das in den Rollkassetten benutzte lichtempfindliche Negativpapier auch für gewöhnliche Kassetten und giebt zu diesem Behufe ein Metallrähmchen an (Fig. 318), mit welchem ein kleines Holzbrettchen artikulirt. Dieses Rähmchen muss dieselbe Grösse haben, wie die, für die betreffenden Kassetten passenden Glasplatten. Dasselbe ist nicht dicker wie diese. Bei der Verwendung wird ein Stück des lichtempfindlichen Papieres von der Grösse des Rähmchens auf dasselbe gelegt und darauf der Holzdeckel zugepresst, wodurch die Ränder des Papieres festgehalten werden. Auf diese Weise wird ein der Glasplatte in Bezug auf Form und Lichtempfindlichkeit analoger Schichtträger erhalten.

Nach Ferran und Pauli*) verfährt man zur Herstellung von Negativpapier auf folgende Weise: „Gutes, gleichmässig starkes Papier wird angefeuchtet und auf-

*) Vgl. auch: Eder, Handbuch der Photographie. Band III, Seite 270.

gespannt. Es trocknet dann vollkommen glatt und eben, was unumgänglich nothwendig ist. Um das Papier undurchdringlich zu machen, firnisst man es mit einer Lösung von 2 g Asphalt in 100 ccm wasserfreiem Benzin und legt es durch eine Stunde in die Sonne, um den Asphalt unlöslich zu machen. Dann wird folgende Lösung aufgetragen: 50 ccm Aether, 100 ccm Alkohol von 42°, 1 bis 2 g Wachs (oder Stearin oder Paraffin), 50 ccm Aether, 2 g Wachs und 20 g Vaseline. Nach dem Verdunsten des Aether-Alkohols wird die Gelatine-Emulsion aufgetragen. Um zu verhindern, dass die Emulsion nach dem Trocknen spröde wird, setzt man ihr etwas Glycerin zu. Das entwickelte und fixirte Bild wird mit einer Lösung von 12 Prozent Gelatine und 3 Prozent Glycerin übergossen. Diese Schicht hebt sich, getrocknet, leicht von der Unterlage zu weiterer Benutzung ab.“

Um Platten im Freien auf eine einfache Weise hervorrufen zu können, hatte ich vor einer Reihe von Jahren einen eigenthüm-

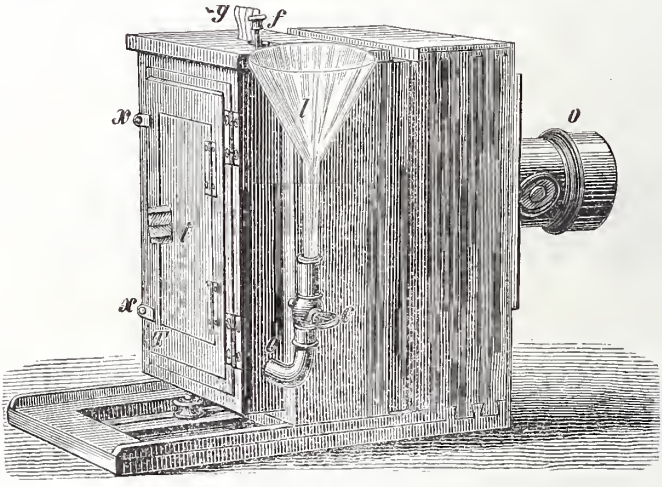


Fig. 319. Kamera zum automatischen Hervorrufungsapparate.

lichen Apparat ersonnen. Derselbe besteht aus einer Kamera und einer 3 bis 5 Centimeter tiefen Kassette. In Fig. 319 sehen wir den Apparat mit eingeschobener Kassette, in Fig. 320 die Kassette von der einen Seite, in Fig. 322 von der entgegengesetzten Seite veranschaulicht. Der Schieber der Kassette ist durch eine farbige, braungelbe oder rothe (*h*) Scheibe zum Theil gefenstert. Die Tiefe der Kassette richtet sich nach der Grösse des Objektivs und der Kamera. Je grösser das Bild werden soll, desto tiefer muss die Kassette sein, jedoch ist für die grössten, meist üblichen Aufnahmen (ganze Platten) die Tiefe von 3 Centimetern nicht zu überschreiten.

In der Kassette sitzt ein zum Herausnehmen eingerichteter Hartkautschukrahmen *v*, Fig. 321, dessen hintere Seite durch eine auf-

steigende Wand (*b*) zum vierten Theile gedeckt ist. Auf der nach dem Deckel der Kassette befindlichen Seite ist der Rahmen glatt geschliffen, um von einer aufzulegenden mattirten, eingepassten Spiegelscheibe gedeckt zu werden. Zwischen Scheibe und Rahmen wird eine „Dichtung" von weichem, vulkanisirtem Kautschuk eingelegt. Liegt die matte Visirscheibe auf dem Rahmen auf, an welchen sie durch eine seitliche Feder festgedrückt wird, so stellt man das Bild ein, nimmt alsdann die Scheibe von dem Gummirande ab, um solche, wie aus den später zu schildernden Operationen ersichtlich sein wird, mit der Negativ-Platte zu vertauschen. Zu den lichtempfindlichen Platten ist für diesen Apparat nur Spiegelglas zu nehmen. Die Spiegelplatte, welche das Negativ tragen soll, wird durch die kräftigen Federn (*p p*)

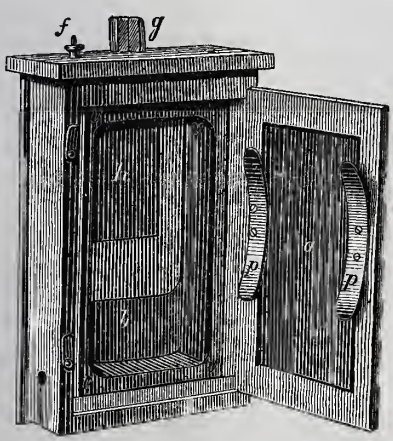


Fig. 320. Kasette zum Apparate Fig. 319.

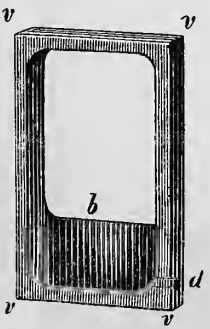


Fig. 321. Einsatzküvette zu demselben.

des Kassettendeckels, Fig. 320, mittelst der Riegel (*x x x x*) Fig. 319 auf die Gummidichtung oder die Glasränder angepresst, sodass ein vollkommen hermetischer Verschluss entsteht; die Wanne zum Entwickelungsbade, dessen Boden die mit Eisenoxalat oder Pyrolösung zu imprägnirende Scheibe bildet, ist alsdann vollendet. Diese Wanne gleicht nun einer zum vierten Theile gedeckten Schale. Um die Eisenlösung in den Apparat zu bringen, befindet sich seitlich eine runde Oeffnung (*e*) Fig. 327, welche einem verhältnissmässigen Ausschnitt (*d*) Fig. 321 im Einsatzrahmen genau entspricht. Durch einen in der Kassettenwand befindlichen Schieber Fig. 320 bis 325 ist diese Bohrung verschliessbar. Der Schieber wird durch eine Feder stets nach unten gedrückt und bei *f* in die Höhe gezogen. In die Oeffnung *d e*, Fig. 324, passt genau eine gebogene Röhre mit Hahn (*c*),

auf welche ein Glastrichter *l* aufgesteckt ist, dessen Grösse dem Raume bei *b* zu entsprechen hat; je mehr Flüssigkeit der durch die Negativplatte und den Rahmen gebildete Hohlraum *b* fasst, d. h. je grösser der Apparat ist, desto grösser muss der Trichter sein. — Für die kleinsten üblichen Platten (100 Quadratcentimeter) soll er 50 Gramm, für grosse Platten 100 Gramm Flüssigkeit fassen, entsprechend dem Hohlraume *b* in unseren Figuren.

Befindet sich nach geschehener Aufnahme die Röhre *e c l* in der Oeffnung *e*, so wird der sehr elastische Schieber *f* durch den Widerstand der Röhre *e c* nach oben gehalten. Im Augenblicke, wo die Röhre herausgezogen wird, klappt der Schieber, ehe noch die Röhre die Wand des Apparates verlassen hat, herunter, und die Oeffnung ist dicht verschlossen. Bei *g* befindet sich eine Schleife

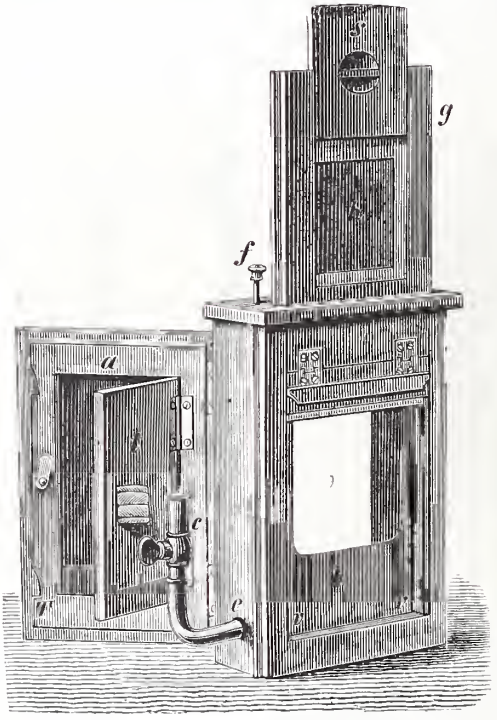


Fig. 322. Kasette Fig. 320, offen.

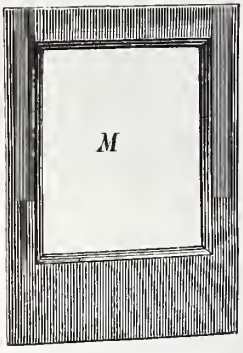


Fig. 323. Matte Scheibe zum Apparate Fig. 320.

zum Aufziehen des gefensterten Schiebers *h*, bei *r* ein Riegel zum Verschliessen desselben, bei *w* eine Feder zum Festhalten der Visirscheibe. Letztere kann, wie bei den gewöhnlichen Apparaten, durch einen eigenen Holzrahmen (Fig. 321) mit eingelassener, matter Scheibe, *M*, ersetzt werden. Ich betone nochmals, dass der Einsatzrahmen *v v v v* Fig. 321 bei *b* keinen Trog enthält, wie man glauben könnte, sondern wie aus dem Querschnitt Fig. 324 und 325 ersichtlich ist, nur eine feste Rückwand *b* besitzt, indem die Vorderwand des bei jeder Aufnahme erst

entstehenden Troges durch die Negativplatte selbst gebildet wird; *s s* in Fig. 325 ist die Negativplatte, *t t* der Auflagerand des Rahmens, *v*, *v* oberer und unterer Rand des Rahmens und unten, bei *v* rechts, das Stück der hinteren aufsteigenden Holz- oder Glaswand, bis zu deren Höhe die Flüssigkeiten eingelassen werden dürfen. Der Gang einer photographischen Aufnahme mit einer Kassette, Fig. 320 bis 325, ist der folgende:

1) Eine matte Scheibe wird mittels der Feder *w* Fig. 324, auf den Rahmen *v v v v*, aufgelegt, oder die betreffende besondere Vorrichtung Fig. 323 in die Kamera eingeschoben und das Bild in der bekannten Weise scharf eingestellt.

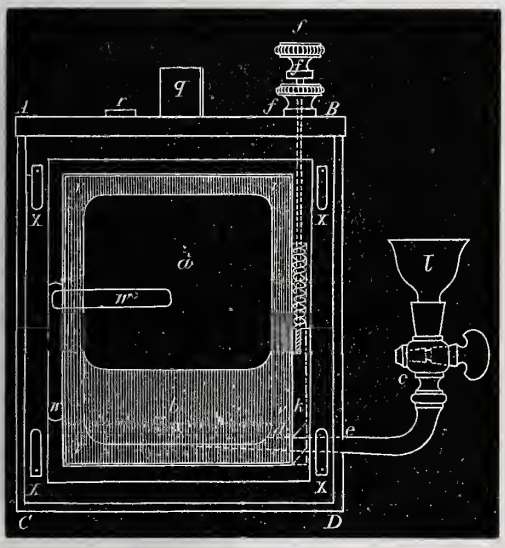


Fig. 324. Apparat 320, Längenschnitt.

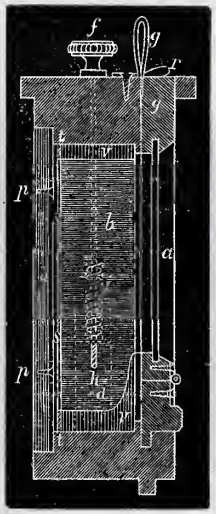


Fig. 325. Querschnitt.

2) Die Kassette wird von der Kamera weggenommen, die matte Scheibe herausgezogen und bei Seite gelegt. Eine mit Bromsilbergelatine präparirte Spiegelglasplatte von geeigneter Grösse wurde mittels des Deckels *h* und der Federn *p p* (Fig. 326) durch Vorschieben der vier kleinen Riegel *x x x x* (Fig. 324) zu Hause im Dunkelzimmer fest auf die Gummidichtung des Rahmens Fig. 321 aufgepresst und auf diese Weise die Kassette geschlossen.

3) Einschieben der beladenen Kassette und — Exposition.

4) Nach der Exposition wird die Kassette herausgenommen und das Trichterrohr *l c e* mit geschlossenen Hähnen in die Oeffnung *e d* eingeschoben, nachdem der federnde Schieber *k* bei *f* emporgezogen

wurde. In den Trichter *l* (mittels eines passenden Massgefässes) so viel Eisenoxalat (vgl. Seite 384) eingegossen, als der Hohlraum bei *b* fassen kann, was durch die grosse rothe Scheibe *h* genau kontrolirt wird. Ist der Hohlraum gefüllt, so wird der Hahn *l* geschlossen und die Kassette sanft umgelegt, sodass die grössere rothe Scheibe nach oben steht und die Eisenoxalatlösung auf einmal über die empfindliche Glasscheibe fliesst. Durch Auf- und Abbewegen der Kassette befördert man die Entwickelung, welche man je nach 2 bis 10 Minuten erreicht hat. Die Thätigkeit des Entwicklers wird durch die grössere der farbigen Scheiben, *h*, kontrolirt. Sobald die Flüssigkeit genügend gewirkt hat, stellt man den Apparat senkrecht, dreht das Rohr *m c e* nach unten, öffnet den Hahn, die Lösung wird bis zum

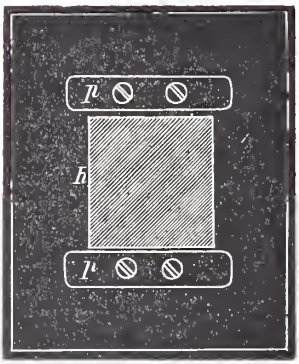


Fig. 326. Deckel zu Apparat 320.

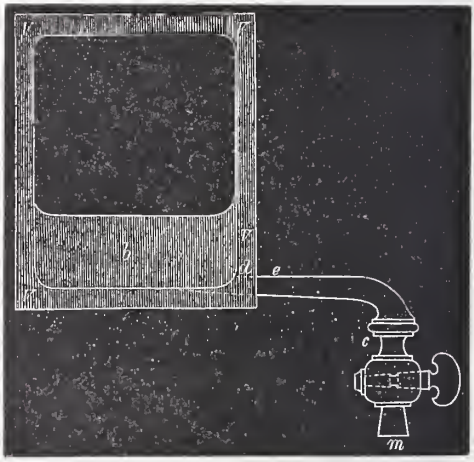


Fig. 327. Zugehörige Küvette mit Ausflussrohr.

letzten Tropfen bei *m* (Fig. 327) ausfliessen und kann zum Boden oder in eine Flasche durch ein Filter zurücklaufen. Ist dies geschehen, so zieht man das Rohr nebst Hahn heraus und der Schieber *k* wird momentan durch Druck der Feder *i* die Oeffnung *d* lichtdicht verschliessen. Man ziehe niemals das Trichterrohr aus dem Apparate, so lange noch Flüssigkeit in demselben sich befindet.

5) Hierauf dreht man den Hahn wieder nach oben, giesst genügend Wasser zur Reinigung der Platte in den Trichter und verfährt auf analoge Weise mit dem Ausfliessenlassen des Wassers. Auch kann man das Bild, wenn erwünscht, auf gleiche Weise verstärken.

6) Zu Hause angekommen, drehe man die Kassette herum, öffne die vier Riegel bei *x x x x* und nehme die Platte heraus, um sie

nochmals zu waschen, mit unterschwefligsaurem Natron zu fixiren, zu wärmen und zu lackiren.

7) Sobald die Platte von dem Rahmen abgenommen ist, nehme man auch letzteren (Fig. 321) aus dem Apparat und lege ihn in reines Wasser, um ihn nochmals zu säubern. Letztere Operation ist sehr einfach, da der Rahmen nur abgerundete Winkel und glatt ausgehölte Ecken hat. Man trockne den Rahmen und setze ihn wieder in den Apparat für späteren Bedarf.

Sollen mehrere Aufnahmen hintereinander gemacht werden, so sind mehrere derartige Apparate mitzunehmen. — Infolge der eminenten Fortschritte auf dem Gebiete photographischer Technik, hat der geschilderte Apparat nunmehr wohl nur noch historisches Interesse, dürfte aber vielleicht den Weg zu geeigneten Verbesserungen, betr. Hervorrufungsapparat ohne Dunkelraum, zeigen.

c) MOMENTVERSCHLÜSSE.

In den meisten Fällen werden die zu gewinnenden Aufnahmen Momentbilder sein. Es ist deshalb ein geeigneter Momentverschluss nothwendig. Ausser dem in Band I, Seite 43 geschilderten elektromagnetischen Verschlusse gelangten in neuerer Zeit die auf dem Prinzipe

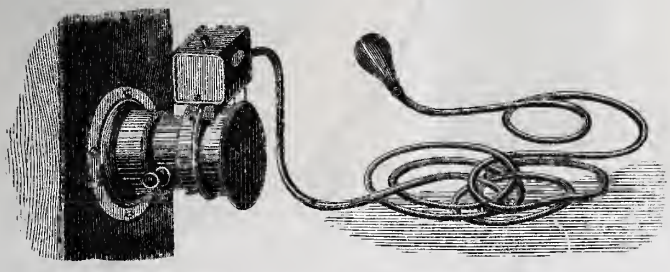


Fig. 328. Einfacher pneumatischer Momentverschluss.

der Lufttransmission beruhenden pneumatischen Klappen zu grosser Verbreitung. Eine solche Vorrichtung für längere Expositionen ist in Fig. 328 abgebildet. Dieselbe besteht aus einer vor dem Objektive befindlichen Klappe, von der aus zwei kleine Hebelarme in die über dem Objektive ersichtliche hölzerne Büchse hineingehen. In der letzteren befindet sich eine Kautschukblase, die abwechselnd mit Luft gefüllt und entleert wird. Wird dieselbe mittels des in dem Bilde ersichtlichen Ballonschlauches durch Drücken auf die kleine Kautschukbirne mit Luft gefüllt, so geht die Klappe in die Höhe, hört der dem Ballon gegebene Druck auf, so schliesst sich dieselbe. Diese Klappenvorrichtungen haben den Nachtheil, dass Erschütterungen

des Apparats kaum vermieden werden können, sowie dass infolge des Auf- und Zuklappens ein eigentliches Momentbild nicht zu erzielen ist.

Verfasser dieses hat schon vor mehreren Jahren einen auf ähnlichem Prinzipe beruhenden Momentverschluss angegeben. Auf gleichem Prinzipe sind mittlerweile verschiedene Systeme nacherfunnden worden, von denen das folgende, in Fig. 329 und 330, besonders empfehlenswerth erscheint. Auf ein Brett sind zwei Holzschienen aufgeschraubt, zwischen welchen sich der Schieber *d* auf- und abbewegt. Letzterer wird durch ein Häkchen an der oberen Kante des Brettes festgehalten, jedoch, wenn das Häkchen aufgelöst wird, durch einen elastischen Faden oder eine Feder sehr rasch nach unten gezogen. Es

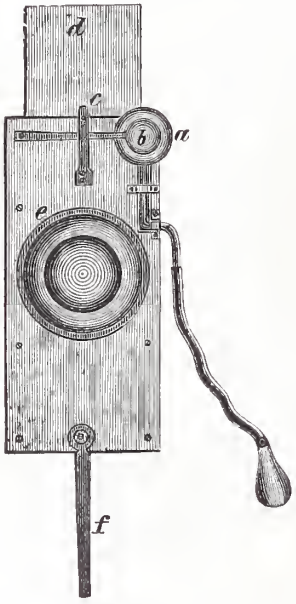


Fig. 329.

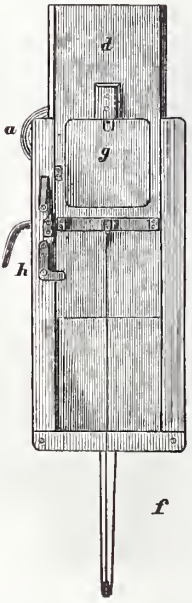


Fig. 330.

Fallbrettverschluss mit pneumatischer Auslösung.

wirken hier Fallgeschwindigkeit und Federkraft zusammen. Das Häkchen *c* wird durch einen kleinen Hebel ausgelöst, welcher auf der Rückseite des Apparates sich befindet und auf eine 5 cm breite und $^1/_2$ cm tiefe Gummidose *a* befestigt ist. Von der Dose geht ein Metallröhrchen *h* ab, auf welches ein Kautschukschlauch aufgesteckt ist, der in einen kleinen Ballon ausmündet. Auf der hinteren Seite des Brettes können je nach der Breite des Objektivs verschieden grosse Ringe *e* aufgesetzt werden. Durch Eindrücken des Ballons wird in die Kapsel Luft eingeblasen, die Membran emporgedrückt, durch den erwähnten Hebel das Häkchen *c* zurückgezogen und es fällt infolge-

dessen die Scheihe d mit ihrer Oeffnung g vor der Objektivöffnung vorbei. Damit die Scheibe nicht zurückschnellen kann, ist am unteren Ende des Brettes ein kleiner Schnäpper angebracht, der das Brett festhält. Zum Zwecke des Einstellens ist an das Brett bei h Fig. 330 eine Vorrichtung angeschlagen, welche den Schieber festhält, sodass die Oeffnung des Momentverschlussbrettchens vor der Objektivöffnung stehen bleibt. Bei der Aufnahme wird diese Vorrichtung selbstverständlich zurückgeschlagen. Die Vortheile des Apparats beruhen erstens in seiner Kleinheit und Leichtigkeit, zweitens in seiner Billigkeit

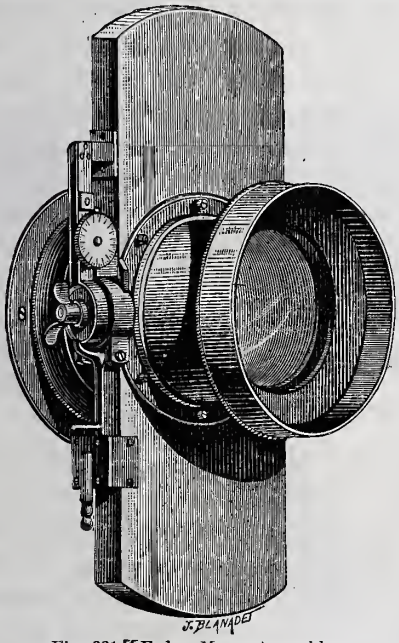


Fig. 331. Feder-Momentverschluss.

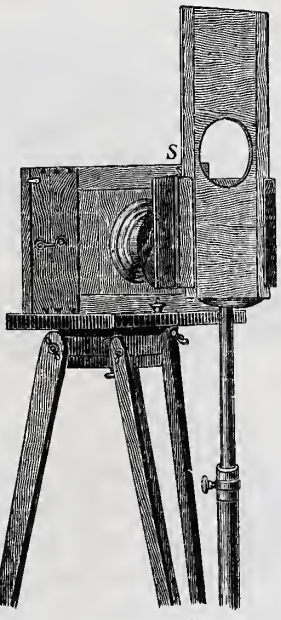


Fig. 332. Einfaches Fallbrett.

und drittens in dem Umstande, dass verschiedene Oeffnungsgeschwindigkeiten je nach Spannung der Feder f oder je nach Stellung des Momentverschlusses vor dem Objektive erzielt werden können. Wird nämlich der Verschluss senkrecht, das Brett d nach oben auf das Objektiv gesteckt, so ist die höchste Geschwindigkeit vorhanden; wird dagegen der Momentverschluss umgekehrt vor das Objektiv gesteckt, so ist die geringste Geschwindigkeit vorhanden, bei wagerechter Stellung desselben eine mittlere Geschwindigkeit. Die drei Differenzen können durch verschiedene Spannung der Feder f vermehrt oder vermindert werden.

Von der grossen Zahl anderer Momentverschlüsse, welche theils auf Grund elektrischer Auslösung (vgl. Band I, Seite 43), theils mit

Zuhülfenahme pneumatischer Transmission in den letzten Jahren erfunden oder nacherfunden worden sind, ist nur noch ein einziger besonders bemerkens- und empfehlenswert. Es ist das derjenige von Thury & Amey in Genf, durch R. Talbot (Berlin) und Haake & Albers Frankfurt a. M. erhältlich. Bei diesem Apparate bewegen sich in dem in unserer Fig. 331 ersichtlichen und an die Stelle des Objektivs, woselbst gewöhnlich die Blendungen zwischen den beiden Linsen sitzen, eingeschobenen gedeckten Rahmen zwei rasch vor der Objektivöffnung vorbeischnellende Schieber, welche nicht durch Fallgeschwindigkeit, sondern durch eine mittels Zahnrad getriebene Zahnstange und eine starke, durch eine auch in der Abbildung ersichtliche graduirte Stellschraube regulirbare Feder in Bewegung gesetzt werden. Ein kleiner Nachtheil für diesen Apparat ist, dass man solchen nicht beliebig an einem Objektive befestigen, sondern denselben nur durch den Fabrikanten an diesem oder jenem Objektive anbringen lassen kann.

Im Allgemeinen werden die Momentverschlüsse entweder, ebenso wie derjenige von Thury & Amey und der in Fig. 329 und 330 abgebildete, zwischen die Linsen des Objektivs oder vor dasselbe oder (Fig. 332) getrennt von der Kamera auf ein Gestell befestigt vor das Objektiv gebracht und mit demselben durch ein zusammengenähtes Tuch lichtdicht verbunden.

d) MOMENTAPPARATE.

Der Umstand, dass das Trockenverfahren gestattet, eine grössere Zahl von präparirten Platten zu Expositionszwecken mit ins Freie oder nach Orten zu nehmen, woselbst die Platten nicht sofort entwickelt werden können, hat zur Konstruktion aller möglichen Formen von bequem zu transportirenden Kameras geführt, die meisten kommen jedoch im Prinzipe auf die Band I, Seite 40, sowie Seite 176 bis 182 beschriebenen und abgebildeten Formen heraus. In jüngster Zeit jedoch wurden mehrere hierher gehörige Apparate erfunden, welche eine besondere Erwähnung verdienen. Die für dieselben bestimmten Platten werden entweder in Wechselkästen, in kleinen hölzernen Büchschen oder in den erwähnten Stoffbeuteln mitgeführt. Auch die von dem Verfasser im Jahre 1880 publizirte Methode, mehrere Bilder hintereinander auf präparirten sich drehenden Gelatinescheiben aufzunehmen (vgl. Bd. I, S. 43, Fig. 50, Band II, S. 66, Fig. 65 ff) hat eine recht brauchbare ingeniöse Verwendung bei einigen neueren Konstruktionen (vgl. S. 364) gefunden. Solche Momentkamera's, d. h. Apparate, bei welchen Kamera, Kassette und Momentverschluss fest zusammen gefügt sind, sog. Momentapparate, wurden in den letzten Jahren mehrere kon-

struirt. Unter denselben hat zuerst der interessante photographische Revolver die Aufmerksamkeit der photographischen Dilettanten auf sich gezogen (Fig. 333). Schon im Jahre 1860 hatte Skaife einen photographischen Apparat in Form einer Pistole dargestellt, während vor wenigen Jahren Enjalbert einen solchen in Form eines Revolvers und Marey einen solchen in Form einer Flinte (vgl. Band I, Seite 377, Fig. 360) konstruirt haben. Der Enjalbert'sche Apparat ist in Fig. 333 abgebildet. Vorn befindet sich (*2*) ein achromatisches, sehr lichtstarkes Objektiv von kurzer Brennweite, bei *H* ist in einem feststehenden Gehäuse der Momentverschluss untergebracht. Die licht-

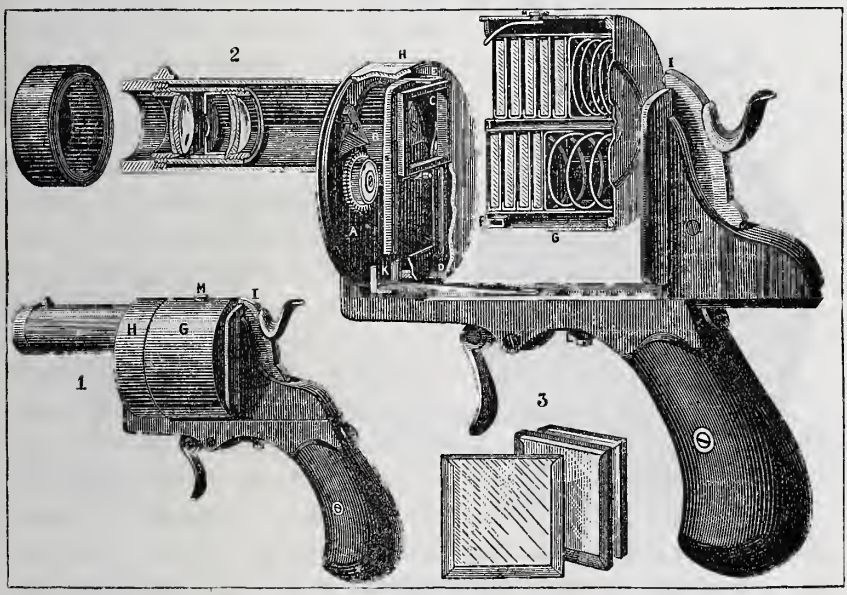


Fig. 333. Enjalbert's photographischer Revolver.

empfindlichen Platten sind in einer, in mehrere Fächer getheilten, drehbaren Kapsel *G* enthalten. Die Platten liegen in kleinen Rähmchen (*3*), die zu je 6 Stück immer in einer Abtheilung der Revolverkapsel *G* sich befinden und mittels einer Feder angepresst werden.

Eingestellt kann bei diesem Instrumente nicht werden, und ist der Apparat nur bei bestimmten Entfernungen zu benutzen. Bei Nr. 1 ist derselbe in ein Drittel natürlicher Grösse abgebildet. Ohne dass die Hand eine feste Stütze erhält, können mit dem Apparate keine scharfen Bilder erzielt werden. Noch viele derartige Apparate sind in jüngster Zeit dargestellt worden und verweise ich diejenigen, welche sich speziell für dieses Fach interessiren, auf das hochinteres-

sante Buch von Professor Eder „Die Momentphotographie in ihrer Anwendung auf Kunst und Wissenschaft“ (Halle a. S. Wilh. Knapp 1886).

Die rasch bekannt gewordene photographische Geheimkamera von Rudolf Stirn (Fig. 334) besteht aus einer geschlossenen Metallbüchse *A*, dem Objektive *B*, sowie einer durch das Schnürchen *C* auszulösenden metallenen Belichtungscheibe. Der Knopf *D* dient zum Aufziehen der, die Belichtungsscheibe (vgl. den von mir angegebenen Momentverschluss Band I, Seite 68) spannenden Feder. Durch das Drehen des Zeigers *Z* wird die lichtempfindliche Scheibe um ein Sechstel ihres Umfanges weiter gedreht bis zur nächsten Nummer. Steht der Zeiger bei Nr. 1, so beginnt die Serie der Aufnahmen, welche, sobald der Zeiger bei *6* steht, vollendet ist. Das Einlegen einer einzigen Platte gestattet hier sechs hintereinander vorzunehmende Momentaufnahmen. von etwa 4 cm Durchmesser. Der Durchmesser des Apparats beträgt $12^1/_2$ cm, die Dicke desselben $2^1/_2$ cm. Auch bei diesem Apparate ist, wie bei dem in Fig. 333 abgebildeten, die Brennweite des Objektivs ein für allemal festgesetzt und ein Einstellen unmöglich. Wir betrachten das Fehlen einer Einstellungsvorrichtung als einen Mangel dieser Apparate. Solchem wäre übrigens leicht abzuhelfen, wenn an der Rückseite des Apparates eine verschliessbare Oeffnung angebracht wäre, durch die man einen Einblick auf die Platte gewinnen könnte. Mittels einer am Objektive anzubringenden Vorrichtung wäre alsdann scharf einzustellen. Freilich wäre damit auch die erste Aufnahme, da man die betreffende Stelle der Platte zum Einstellen benutzt hätte, annulirt. Hat sich der Operateur von der genauen Bildgebung auf bestimmte Entfernungen einmal überzeugt, so kann für die folgenden Platten das Einstellen gespart werden. Dieser Apparat soll vornehmlich Touristen, Beamten der Geheimpolizei, Aerzten und Naturforschern dienlich sein. Die gewonnenen kleinen Negative lassen sich, wenn die Aufnahmen gelungen und scharf sind, beliebig vergrössern.

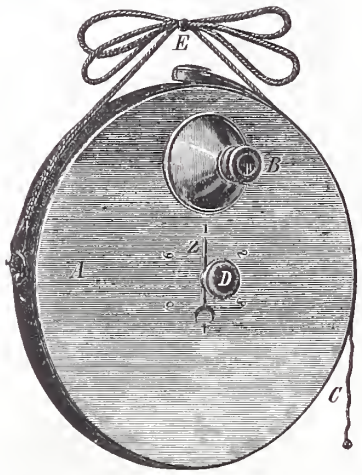


Fig. 334. Stirn's Geheimkamera.

Eine Kamera mit hölzernen Wechselbüchsen zeigt uns der in Fig. 335 abgebildete Apparat von E. v. Schlicht (Bezugsquelle:

Romain Talbot in Berlin). Diese mit dem Ausdrucke Momentograph oder „Blitz“ bezeichnete Zusammenstellung besteht prinzipiell aus drei Theilen: dem federnden Momentverschluss *G*, der Kamera *HA* und dem hölzernen Kassettchen *B*. Nachdem man in der Dunkelkammer die Kassetten, welche im Innern durch eine Scheidewand in zwei Theile getheilt sind und daher je zwei lichtempfindliche Platten enthalten können, mit solchen versehen hat, werden die Schieberchen *S* geschlossen. In Fig. 336 ist der betr. Apparat im Durchschnitt gezeichnet. Der unten bei *K* ersichtliche, mittels einer Schraube befestigte Griff hat noch den Zweck, zum Behufe der Einstellung die Verschiebung der inneren Theile des Apparates zu ermöglichen.

Fig. 335. v. Schlicht's „Blitz“-Kamera.

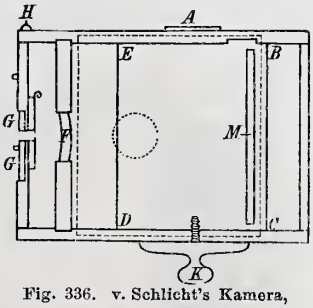


Fig. 336. v. Schlicht's Kamera, Durchschnitt.

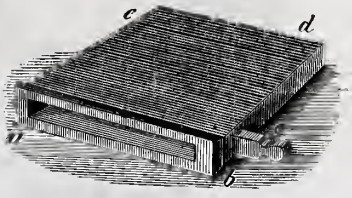


Fig. 337. Plattenbehälter zu v. Schlicht's Kamera.

Nachdem die Schraube *K* gelockert ist, wird solche nach vorn geschoben und mit ihr zugleich schiebt sich der innere Theil der Kamera nach vorn. Hierdurch wird an der oberen Fläche der letzteren ein Spalt ersichtlich, auf den man eine der in Fig. 337 abgebildeten Kassetten mit der Oeffnung *a b* aufsetzt. Hierauf schiebt man den Griff *K* wieder zurück, wodurch das Kästchen Fig. 337 durch einen Mechanismus auf den Schlitz festgeklemmt wird. Wird nun das Schieberchen *c* der Kassette herausgezogen, so fällt die empfindliche Platte von selbst in die Kamera hinein und steht dann bei *M* fest. Hierauf kann die Kassette weggenommen werden, nachdem ein oben auf der Kamera befindlicher Schieber *A* zugeschoben worden ist.

Bei *A* befindet sich ein Index mit einem Zeiger. Je nach Stellung des Zeigers ist der Apparat für die Ferne oder die Nähe eingestellt. Auf den Index *A*, Fig. 336, sind Zahlen aufgeschrieben, welche die ungefähre Entfernung der zu photographirenden Gegenstände in Metern bezeichnen. Bei *F*, Fig. 336, befindet sich das Objektiv, bei *G G* der Momentverschluss, bei *B C* der Plattenhalter, *H* ist ein, wie bei einer Flinte angebrachtes Korn, über welches hinweg man nach dem zu photographirenden Gegenstande visirt. Die Raschheit des Verschlusses kann durch Lockern eines an demselben angebrachten Schraubenkopfes verlängert oder verkürzt werden. Fig. 335 zeigt die Anwendung der Kamera. Ist durch Visiren über das Visirkorn *H* der Apparat gerichtet, so erfolgt die Exposition durch Abdrücken des Momentverschlusses *G* sofort.

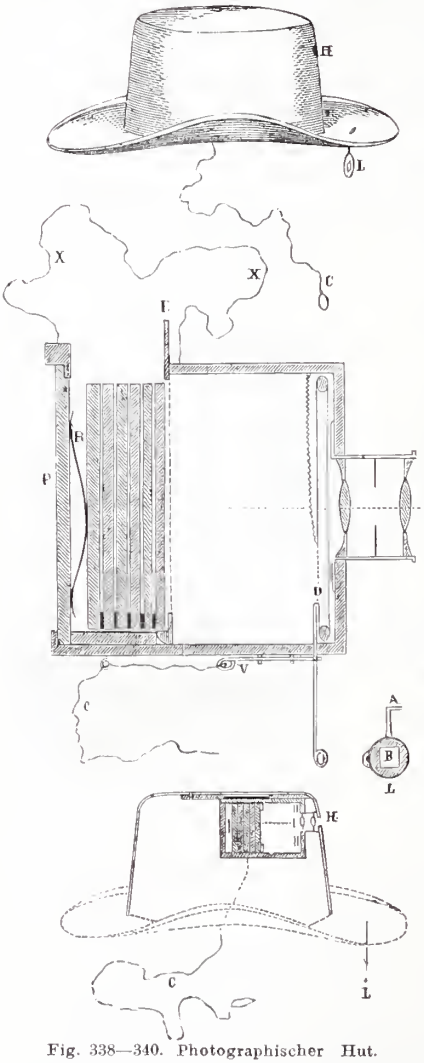


Fig. 338—340. Photographischer Hut.

Eine weitere, höchst originelle Konstruktion zur Aufnahme von Momentphotographien ist der sogenannte photographische Hut von J. de Neck in Brüssel. Derselbe ist allen bisher vorgelegten tragbaren Apparaten, welche ohne Stativ zu gebrauchen sind, vorzuziehen, weil durch die feste Stellung des Hutes auf dem Haupte und die Möglichkeit des Ruhigstehens des ganzen Körpers im Vergleiche zu der immer unruhigen Minimalbewegung der Hand selbstverständlich schärfere Bilder erzielt werden können. Bei diesem Momentapparate (Fig. 338 bis 340) sind das Objektiv und die Kamera (Fig. 332) in dem oberen Theile eines Hutes angebracht, welcher (Fig. 338) an seiner vorderen Seite bei *H* eine kleine Oeffnung hat. Die Kamera kann aus Metall oder leichtem Holze gefertigt sein, während die

Kassetten aus dünnen Metallplättchen dargestellt sein sollten. Der Apparat wird in einer Länge von 10 cm und einer Tiefe von 5 bis 8 cm, je nach der Höhe des Hutes angefertigt. Das mit unverstellbarer Brennweite versehene Objektiv *H* wird durch einen rotirenden Momentverschluss, welcher durch das Gummigebläse *C* entspannt und in Bewegung gesetzt wird, geöffnet und geschlossen. Das Röhrchen *C* geht aus dem Hute heraus und wird, ähnlich wie die Brillenschnürchen, an einem Rockknopfe befestigt. In dem hinteren Theile der Kamera bei *R*, Fig. 339 sind eine grössere Anzahl von präparirten Platten, die in Metallrähmchen festsitzen, angebracht. Dieselben werden gegen die Leiste *E* durch die Feder *R* angedrückt. Ueber den Kassetten ist hinten an der oberen Fläche der Kamera ein lichtdichter Sack angebracht, der dazu dient, durch eine geeignete Vorrichtung die exponirten Platten, nachdem man die Kamera aus dem Hute herausgenommen hat, unter Lichtschutz herauszuschieben und hinter die übrigen noch nicht exponirten Platten bei *R* zu bringen. Um den Gegenstand, den man photographisch aufnehmen will, in die Richtungslinie zu bekommen, ist ein Iconometer *L*, Fig. 340, beigegeben, welcher mittelst eines Häkchens an den Rand des Hutes gesteckt wird. Sobald nun der zu photographirende Gegenstand in das Gesichtsfeld des Quadrates *B* kommt, wird an dem Ballon *C* gedrückt und durch Auslösung des Momentverschlusses ist das Bild aufgenommen.

e) OBJEKTIVE.

Ueber Objektive haben wir schon im ersten Bande dieses Werkes (Seite 30 ff) an der Hand verschiedener Abbildungen uns ausgesprochen. Der Bedarf an besonders lichtstarken, rasch wirkenden, guten Objektiven ist indess in jüngster Zeit mehr denn je bemerkbar geworden, weshalb die Fabrikanten photographischer Apparate auch in dieser Richtung der Leistungsfähigkeit ihrer Fabrikate ein besonderes Augenmerk zugewandt haben. Vortreffliche Objektive werden sowohl in Deutschland, als auch in Frankreich und England dargestellt. Bei uns sind es die Firmen: C. A. Steinheil Söhne in München, Voigtländer in Braunschweig und Busch in Rathenow, welche das hervorragendste auf einschlägigem Gebiete leisten.

Die Firma Steinheil hat unter den Namen „Aplanate“ und „Antiplanete“ eine Anzahl verschiedenartig kombinirter, durch die richtige Berechnung der Linsenkrümmungen ausgezeichneter Objektive dargestellt, welche sowohl für Reproduktionen und Gruppen, als auch für Landschaftsaufnahmen ganz Vortreffliches leisten. Steinheil's

Landschafts-Aplanat haben wir in Fig. 341, Steinheils Antiplanet in Fig. 342 (nach Eder) abgebildet. Unter Aplanat versteht man die Kombination zweier Sammellinsen von entgegengesetztem Brechungswinkel, wodurch ein vollkommen unverzerrtes Bild erhalten wird.

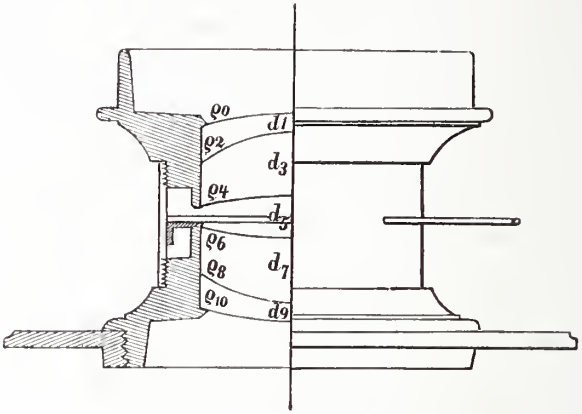


Fig. 341. Steinheil's Landschafts-Aplanat.

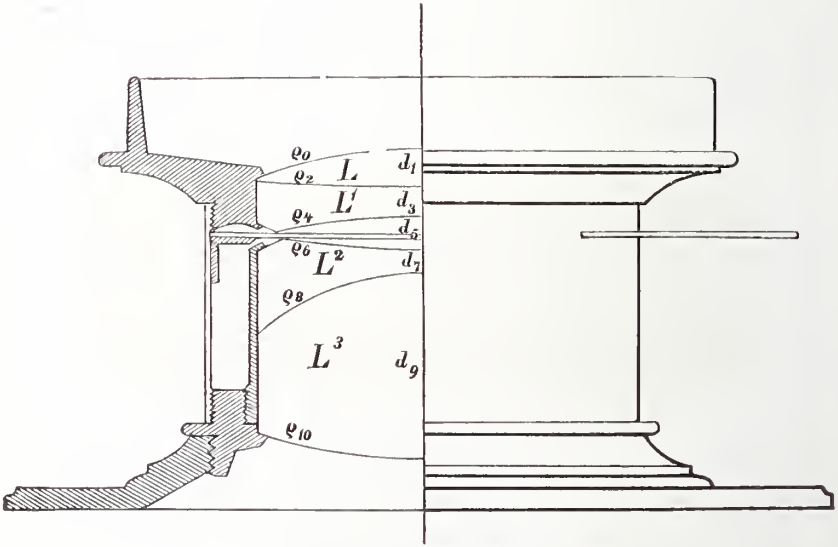


Fig. 342. Steinheil's Antiplanet.

Ein Antiplanet dagegen ist eine unsymmetrische Kombination zweier Linsenpaare, deren vordere Linse eine kürzere Brennweite hat, als die übrigen der Kombination. Auffallend in der Konstruktion der Antiplanete ist der bedeutende Durchmesser der beiden Hinterlinsen L^2 und L^3 im Gegensatze zu den vorderen Linsen L und L^1.

Zwischen die beiden Paare wird eine Blendung eingeschoben. Beide Kombinationen sind sehr nahe aneinandergerückt, was bedeutende Lichtstärke bedingt und solche Apparate besonders für Momentaufnahmen geeignet macht.

Ausser den erwähnten Steinheil'schen Objektiven geniessen die sogenannten Pantoskope von Busch (Fig. 343), welche sich durch noch bedeutendere Wölbung der Linsen von den geschilderten Apparaten unterscheiden, sowie das Orthoskop von Voigtländer einen hervorragenden Ruf und sind diese Apparate denn auch infolge ihrer hohen Leistungsfähigkeit ziemlich theuer. Dagegen giebt es recht preiswürdige Okjektive französischer Herkunft, mit welchen sich trotz ihrer Billigkeit gute Bilder herstellen lassen. Die sogenannten Universalobjektive von Hermagis, Francais und Derogy sind billig und trotzdem sehr leistungsfähig. Wir geben in Fig. 344 Abbildung von Derogy's kombinirtem Objektive. Man kann aus demselben, je

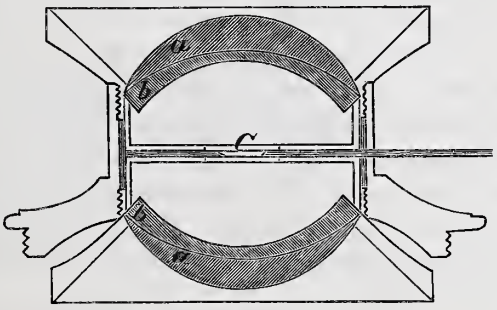


Fig. 343. Pantoskop von Busch.

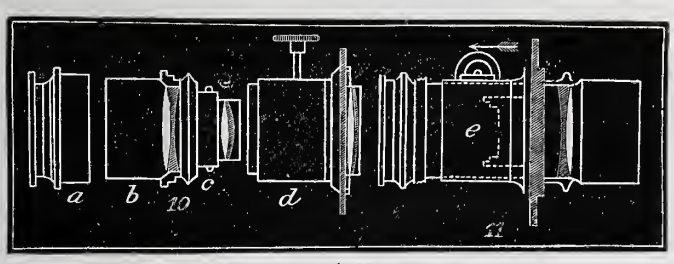


Fig. 344. Derogy's Universalapparat.

nachdem man die mittels Bajonettverschluss zusammengesetzten Linsen gegen einander verstellt, oder eine und die andere Linse weglässt, sowohl ein gewöhnliches Portrait-Doppel-Objektiv zur Aufnahme kleiner Portaite, als ein solches zur Aufnahme grösserer Bilder, dann ein Landschafts-Objektiv und ein solches für Reproduktionen, sowie eines für Panorama-Aufnahmen zusammenstellen. Setzt man die an die Röhre *b* grenzende Linse unter Weglassung des bei *e* angebrachten Glases mit dem Rohre *d*, das auch eine Linse trägt, zusammen, so hat man ein einfaches Portrait-Doppel-Objektiv. Ein

Portraitobjektiv von sehr kurzer Brennweite entsteht durch Einsetzen der Linse *c*. Will man ein Objektiv für Landschaftsaufnahmen, so wird die vordere Linse *b* abgeschraubt und die hintere Linse *d* durch Umkehrung des Objektivs nach vorn genommen, wie bei *e* ersichtlich. An der Landschaftskombination *e* lassen sich verschiedene Blendungen einsetzen. Sollen sehr grosse Gegenstände von verhältnissmässig bedeutender Nähe aus aufgenommen werden, so wird die Konvexlinse *e* an Stelle der Diaphragmen bei *e* eingesetzt.

Bezieht man ein Objektiv von einer der genannten Firmen, so ist es nicht nöthig, da dieselben keinen Apparat ohne vorherige Probe abgeben, solches auf seine Leistungsfähigkeit zu prüfen. Die Angaben untergeordneter Fabrikanten aber müssen nicht nur auf die Schärfe des Objektivs, sondern auch auf die Grösse der Bildgebung nachgeprüft werden. Betreffs Bestimmung der Brennweite und Lichtstärke, sowie der mathematischen Messung der Bildfläche eines Objektivs, wird auf die grösseren Handbücher der Photographie, insbesondere Eder's Werk Seite 210 ff., hingewiesen.

Bei manchen Objektiven, insbesondere solchen älteren Fabrikats, sind der optische und chemische Fokus von einander verschieden. Ist nämlich ein Bild scharf eingestellt, so ist die Garantie für das Gelingen der Aufnahmen in Beziehung auf Schärfe nicht für alle, besonders nicht für ältere Objektive, gesichert. Wir haben gezeigt (Band I, Seite 53 ff), dass das Sonnenlicht aus einer Anzahl verschiedenfarbiger und verschiedenartiger Strahlen zusammengesetzt ist. Die beiden Gruppen, die leuchtenden und wärmenden, sowie andererseits die dunkeln und chemischen Strahlen, haben ein ungleiches Brechungsvermögen. Es entsteht dadurch für letztere ein besonderer Brennpunkt, der chemische Fokus, dem der optische oder leuchtende Fokus entgegengesetzt ist, woraus die sogenannte Fokusdifferenz resultirt. Bei den meisten neueren Objektiven ist diese Anomalie durch die vervollkommnete achromatische Zusammenstellung der Linsen ganz beseitigt. Ist aber ein Objektiv nicht vollkommen achromatisch, so hat man für Aufhebung der Differenz vor einer jeden photographischen Aufnahme Sorge zu tragen. Um zu wissen, um wieviel ein Objektiv nach dem Einstellen des Bildes, zur Gewinnung eines guten Bildes, zu verschieben ist, dient z. B. folgende Manipulation:

Man bezeichnet verschiedene Kärtchen (Fig. 345) mit Zahlen von I bis X und befestigt solche hintereinander; stellt man nun No. V scharf ein, so wird, wenn solches im Negativ nach der Aufnahme scharf erscheint, keine Fokusdifferenz statthaben; erscheint aber No. V

verschwommen und No. VI genügend scharf, so bezeichne man sich den Stand des Objektivs während der Aufnahme. Hierauf stelle man diejenige Nummer, welche im Negativ scharf gekommen war, in unserem Beispiele No. VI, auf der matten Scheibe scharf ein und mache wieder ein Zeichen an der Objektivröhre. Der Raum zwischen den beiden Zeichen ist die Fokusdifferenz für die jeweilige Aufnahme. Hat man demnach ein Bild auf der matten Scheibe bei Benutzung eines älteren Objektivs scharf eingestellt und sich von der Fokus-

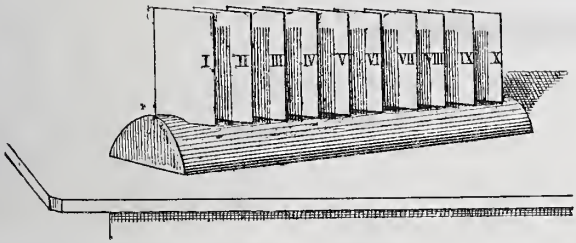


Fig 345. Bestimmung des chemischen Fokus.

differenz vorher überzeugt, so muss vor der Aufnahme an der Mikrometerschraube, der kleinen Differenz entsprechend, ein wenig vor- oder zurückgeschraubt werden.

3. DAS BROMSILBER-GELATINE-VERFAHREN.

a) PRÜFUNG DER BROMSILBER-GELATINEPLATTEN.

Schon im ersten Bande dieses Werkes (Seite 260 ff.) haben wir auf die Unentbehrlichkeit der Bromsilber-Gelatineplatten hingewiesen und in Kürze über die Methode berichtet. Das in Rede stehende Verfahren ist heutzutage das allgemeine und deshalb sei demselben an dieser Stelle eine etwas ausgedehntere Besprechung gewidmet; jedoch soll weder von der Zusammensetzung, noch den chemischen Verhältnissen der Bromsilbergelatine gesprochen werden, da wohl kaum irgend ein Nichtphotograph daran denken wird, bei der Preiswürdigkeit der käuflichen Gelatineplatten sich selbst solche anzufertigen. Wer sich für die Einzelnheiten dieses Fabrikationszweiges interessirt, den verweisen wir auf das vortreffliche, schon mehrfach in diesem Buche erwähnte Werk von Professor Eder.*) Für den Privat-

*) Eder, Handbuch der Photographie Band III, S. 159 ff. Auch separat erschienen unter dem Titel: Die Photographie mit Bromsilber-Gelatine. Halle a. S. Wilh. Knapp. 1886.

Photographen beginnt das Bromsilber-Gelatineverfahren Interesse zu gewinnen, in dem Momente, wo er die zu verwendenden Platten aus irgend einer Fabrik bezogen hat.

Die erste Aufgabe, bevor wir die Platten benutzen, ist, solche auf ihre Empfindlichkeit zu prüfen, falls wir sie nicht von einer uns schon als vollkommen zuverlässig bekannten Fabrik bezogen haben.

Zur Prüfung der Empfindlichkeit der Bromsilbergelatineplatten dienen eigene Apparate, sogenannte Sensitometer, und zwar ist von denselben der von dem englischen Erfinder Warnerke konstruirte der empfehlenswertheste. Derselbe, in Fig. 346 und 347 abgebildet, besteht aus einem in Form einer

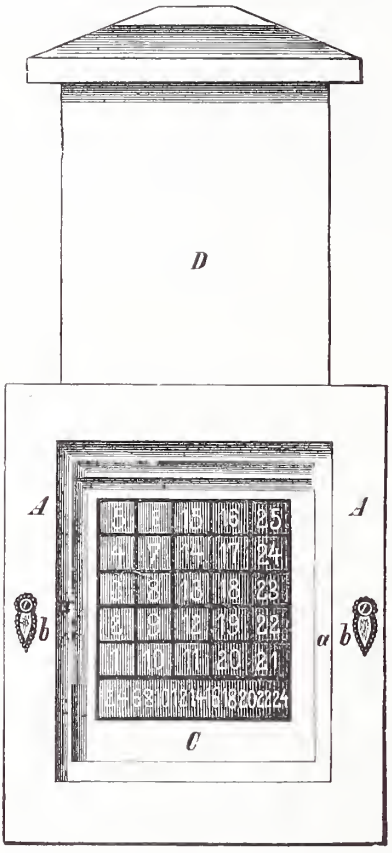


Fig. 346.

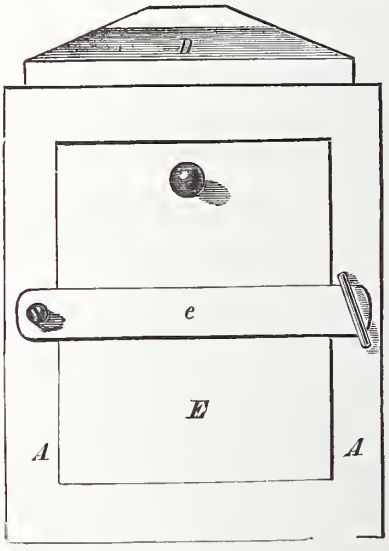


Fig. 347.

Warnerke's Sensitometer.

photographischen Kassette (vgl. Band I, Fig. 52) gebauten Rahmen *A A*, in welchen eine in 25 Felder und einen längeren Streifen getheilte Glasplatte *C* fest eingesetzt ist. Die verschiedenen Felder sind mit Nummern bedruckt und diese mit Bronzestaub eingepudert, um sie so lichtdicht als möglich zu machen. Die Felder sind verschieden transparent; No. 1 ist vollkommen durchsichtig, während die anderen Felder bis No. 25 allmählich weniger durchsichtig werden. Eine

solche Platte wird mittels des Woodbury'schen Verfahrens so dargestellt, dass eine weiche Metalllegirung auf eine Platte gepresst wird, welche mit 25 verschieden dicken Lagen von quadratischen Papierstückchen (von 0,03 bis 0,75 mm dick) wie Fig. 346 zeigt, beklebt ist. Es wird auf diese Weise eine verschieden vertiefte Metallform gewonnen, in welche nach dem Woodbury'schen Verfahren schwarz gefärbte Gelatine eingepresst und alsdann getrocknet wird. Die auf diese Weise erzielte verschieden durchsichtige Gelatinehaut wird in erwähnter Weise auf eine Glasplatte (Fig. 346 *C*) übertragen. Der Rahmen hat auf der Rückseite einen abnehmbaren Deckel (Fig. 347 *E*), unter welchen, ebenso wie dies bei den Kopirrahmen zu geschehen pflegt, die zu prüfende Gelatineplatte gelegt wird. Die zu prüfende Platte befindet sich demnach hinter der Messplatte *C*. Vor derselben aber geht unter der Nute *A* der Schieber *D* auf und nieder. Wenn die Platte unter *E* eingelegt wird, muss der Schieber *D* geschlossen sein und bleiben. Als Lichtquelle zur Durchleuchtung der Platte *C* wird eine, mit einer phosphoreszirenden Masse (Balmain'sche Leuchtfarbe) bestrichene Scheibe benutzt, welche auf die Nute *A* gelegt und mittels der Klammern *b b* festgehalten wird. Die Leuchtplatte wird durch Verbrennen von Magnesiumband oder durch Sonnenlicht auf ihren höchsten Grad von Leuchtkapazität gebracht. Zwischen dieser Leuchtplatte und den 25 Feldern *C* befindet sich nun der Schieber *D*. Wird letzterer emporgezogen, so wirkt die Leuchtfarbe durch die mit den Nummern versehene Platte hindurch auf die zu untersuchende Gelatineplatte und zeichnet auf derselben die 25 oberen und 24 unteren Nummern ab. Die Exposition soll 30 Sekunden dauern. Zeigt nach dem Hervorrufen und Fixiren die geprüfte Gelatineplatte noch die Zahlen 21 und 22 rein und deutlich, so ist dieselbe von hervorragender Güte betreffs ihrer Lichtempfindlichkeit und zu Momentbildern brauchbar. Auch höhere Grade von Empfindlichkeit können dargestellt werden, kommen aber selten durch den Apparat zur Erscheinung. Die Genauigkeit des Warnerkeschen Apparates wurde vielfach bestritten, insbesondere einerseits wegen der Ungleichmässigkeit der Phosphoreszenz erwähnter Platte, andererseits wegen der Schwierigkeit, die schwarze Gelatine für die Darstellung der Prüfungsplatte von stets gleicher Farbennuance zu fabriziren. Ersterer Missstand wird durch eine von dem berühmten Elektriker Edison zu photometrischen Zwecken konstruirte, angeblich sehr zuverlässige Methode beseitigt. Edison schlägt eine kleine elektrische Glühlampe als Normallicht zu Messungen für photographische

Zwecke vor. In der von dem Verfasser im Jahre 1886 herausgegebenen „Elektrotechnischen Rundschau“ (Band III, 1886, Seite 9) wird diese von Edison angegebene Prüfungsmethode wie folgt geschildert:

„Nach vielen vergeblichen Versuchen, mittels einer Batterie, eines Widerstandes und einer Lampe ein konstantes Licht zu erzielen, da die angewandten gebräuchlichen elektrischen Messinstrumente sich als unempfindlich erwiesen, kam Edison auf den Gedanken, die Poggendorff'sche Kompensationsmethode, eine der genauesten Methoden zur Messung der elektrischen Kraft von Batterien, für die Kontrollirung für genannte Zwecke der Lampenwirkung anzuwenden.

Bei dieser Methode werden auf entgegengesetzten Seiten eines Widerstandes zwei Batterien aufgestellt, welche Ströme in gleicher Richtung durch diesen Widerstand senden. Im Stromkreise der einen Batterie liegt ein veränderlicher Widerstand, in dem andern ein Galvanometer.

Der Apparat besteht also aus zwei Batterien (Fig. 348), einem Galvanometer, einem Schlüssel und einem Rheostatdrahte. Alle diese Theile sind auf einem gemeinsamen Grundbrette, welches zugleich den photometrischen Prüfungsapparat enthält, montirt.

In dem letzteren ruht auf einer Schlittenführung die elektrische Lampe, welche durch flexible Schnüre mit der Hauptbatterie und einer Abtheilung des Rheostatdrahtes verbunden ist. An diesem Schlitten befindet sich noch ein Holzstab, vermittels dessen die Lampe, wenn der Kasten geschlossen ist, in jede beliebige Entfernung von der sensiblen Platte gebracht werden kann. Die Batterie *S* ist der Maassstab mittels welchem die elektrische Kraft der Hauptbatterie *M* gemessen wird. Die Elemente dieser Batterie sind modifizirte Daniell'sche und so konstruirt, dass die Flüssigkeiten sich nicht vermischen können. Drei quadratische Gläser von 3,2 cm Seitenlänge und 11,4 cm Höhe, mit einem runden Halse versehen, sind durch Metallbänder untereinander befestigt. In den oberen Theil der anliegenden Seiten von *I* und *II* ist je ein Loch von etwa 0,9 cm Durchmesser gebohrt; ähnliche Löcher befinden sich am unteren Theile von *II* und *III*. Um je zwei solcher korrespondirenden Löcher ist ein Gummiring gelegt, welcher einen wasserdichten Verschluss bildet und gleichzeitig ein Stück Goldschlägerhäutchen festhält. Alle Flaschen sind mit verdünnter Zinkvitriollösung gefüllt. Die Flasche *I* enthält die Kupferelektrode, die auf dem Boden liegt und durch einen isolirten Draht mit dem Schlüssel *K* in Verbindung steht, ausserdem befindet sich noch in der Flasche ein etwa erbsengrosser Kupfervitriolkrystall.

Auf dem Boden der Flasche *II* liegt ein Zinkklotz, welcher allen Kupferniederschlag, der von *I* kommen könnte, auffängt. Flasche *III* endlich enthält die etwa 2,8 cm lange cylindrische Zinkelektrode, die, wie aus Fig. *B* ersichtlich, mit dem Galvanometer *G* in Verbindung steht.

Die Hauptbatterie *M* besteht aus einer in poröser Zelle stehenden Zinkelektrode und 4 quadratischen Kohlenstäben. Die poröse Zelle enthält etwas Quecksilber und ist mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt. In den 4 Ecken des Glasgefässes stehen die Kohlenstäbe (etwa 2,5 cm Seitenlänge), welche zusammen durch einen Draht verbunden sind. Ein Gummiring, welcher mittels einer Metallverschraubung auf den oberen Rand gepresst wird, sichert den hermetischen Verschluss

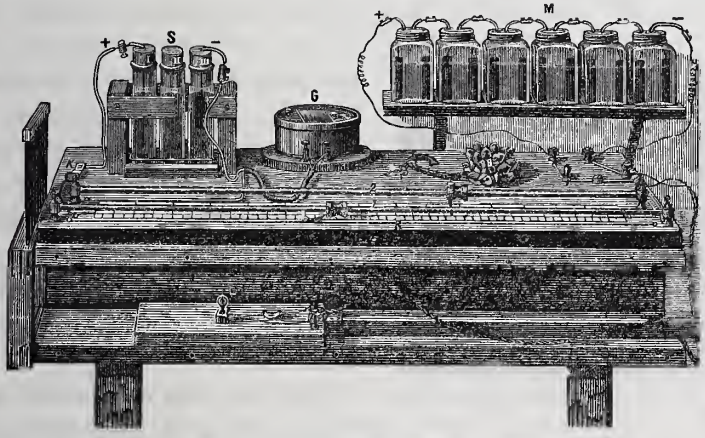


Fig. 348. Edison's Plattenprüfung mit elektrischem Lichte.

und verhütet ein Verdunsten der Flüssigkeit, die aus gewöhnlicher Bichromatlösung besteht.

Der eingeschaltete Widerstand ist etwas grösser als der Widerstand der Lampe, wenn heiss, und besteht aus einem etwa 1,6 m langen Neusilberdrahte von 0,3 mm Durchmesser, welcher in zwei in der Nähe von *K* durch eine Metalltraverse verbundenen Abtheilungen auf dem Grundbrette ausgespannt ist. Ein Theil liegt auf einer Millimeterskala unter der Messingstange *2*, während der andere Theil unter *1* liegt. Die Drahtstrecke unter *2* ist mit der Messingstange durch einen Schleifkontakt verbunden, die Stellung dieses Kontaktes wird nur verändert, wenn eine neue Lampe eingeschaltet wird. Der Draht unter *1* wird mit der Stange durch eine Feder, welche ein Messingrad von etwa 0,9 cm Durchmesser trägt, verbunden.

Fig. 349 lässt die Schaltungsweise genauer erkennen. *S* ist die Lichtbatterie, *M* die Hauptbatterie, *G* das Galvanometer, *2* Messingstab mit festem Kontakte, *1* Messingstab mit verschiebbarem Kontakte, *R* Rheostatdraht, *K* Schlüssel im Stromkreise der Standartbatterie und endlich *L* Lampe.

Zur besseren Veranschaulichung der Wirkungsweise der Anordnung wollen wir die verschiedenen Stromläufe verfolgen.

Der Strom der Hauptbatterie *M* geht von dem + Pole zum Messingstab *1*, durch *R* zur Lampe *L* und zurück zum — Pole der Batterie. Es kann also durch Verschiebung des Kontaktes auf *1* der Widerstand in diesem Stromkreise beliebig verändert werden.

Vom + Pole der Batterie *S* fliesst der Strom durch *K* nach *R*, durch den feststehenden Kontakt, die Messingstange und das Galvanometer zurück zur Batterie. Wie hieraus ersichtlich, ist das Stück des Rheostatdrahtes zwischen dem Schlüssel *K* und dem feststehenden Kontakte beiden Stromkreisen gemeinsam. Wie weiter ersichtlich, wird das Galvanometer bei gleichen elektrischen Kräften stromlos bleiben, während eine geringere Differenz der elektrischen Kräfte sich schon durch Ablenkung der Nadel zu erkennen giebt.

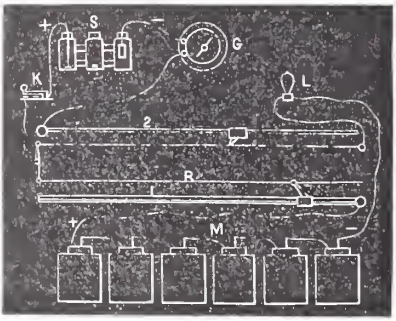


Fig. 349. Schaltung der Batterien zu Fig. 348.

Soll der Apparat benutzt werden, so wird zunächst die Lampe eingeschaltet, dann der Schlüssel *K* niedergedrückt; wird hierbei die Nadel abgelenkt, so ist die elektrische Kraft zu gross oder zu gering, der Kontakt auf *1* wird also so lange verschoben, bis die Nadel auf Null zurückkehrt. Ist diese Stellung erreicht, so strahlt die Lampe ein Licht aus, welches dem einer Normalkerze genau gleich ist.

Der elektrische Maassstab des Lichtes, welcher auf diese Weise erhalten wird, ist weit konstanter als die Normalkerze selbst, nach welcher er geaicht ist, in welcher jede Veränderung der Flammenhöhe, jede Ungleichförmigkeit des Drahtes auf die Lichtstärke einwirkt. Das zu benutzende Galvanometer besitze einen Widerstand von 500 Ohm. Da die Lampe zu den photographischen Untersuchungen stets nur einige Sekunden benutzt wird, so können tausende von Versuchen angestellt werden, ehe die Lampe mehr als 1 Proz. ihrer Lichtstärke einbüsst, ehe sie durch Kohleablagerung auf der Innenseite

der Glaskugel unbrauchbar wird und durch eine neue ersetzt werden muss.

Die Prüfung der Empfindlichkeit der photographischen Trockenplatten mittels des Apparates geschieht nun in der folgenden Weise.

Eine Trockenplatte wird hinter eine Warnerke-Platte (Fig 346), die in 25 durch Kohledruck mehr oder weniger durchsichtig gemachte Felder eingetheilt ist, gelegt und in den Plattenhalter auf der linken Seite der Fig. 348 gebracht. Alsdann lässt man durch Schliessen des Ausschalters (der in den Abbildungen nicht gezeichnet ist) das elektrische Licht aus einer Entfernung von 60 cm, 20 Sekunden lang auf die Platte einwirken, entwickelt und fixirt. Die höchste Zahl, welche auf der photographischen Trockenplatte gesehen werden kann, giebt dann die Empfindlichkeit derselben an. Eine Platte, welche 25 zeigt, ist ausserordentlich empfindlich und zu Momentaufnahmen geeignet, während No. 14 schon als langsam bezeichnet wird, trotzdem aber zu Landschaftsaufnahmen noch vorzüglich geeignet ist."

Des Weiteren hat man sich bei der Prüfung von Gelatineplatten zu überzeugen, dass die Gelatineschicht der Probeplatte keine Flecken und Punktirungen, weder bei der Aufsicht, noch bei der Durchsicht zeige und vollkommen frei von Schleiern sei.

b) DIE BELEUCHTUNG DES DUNKELRAUMS.

Wer ausschliesslich mit Trockenplatten arbeitet und nur zu Hause seine Platten entwickeln will, kann auch ohne spezielles Laboratorium zu Stande kommen. Zum Plattenwechsel und zur Hervorrufung im Freien sind photographische Reisezelte im Gebrauch. Solche sollen möglichst kompendiös zum Zusammenlegen eingerichtet sein. Fig. 350 zeigt die Einzelheiten eines solchen Zeltes: Bei *O O O* befinden sich die Befestigungspunkte der Tischplatte, in welche bei *B* ein Silberbadständer, bei *E* ein Wasserbehälter mit Schlauch *R* und bei *K* ein Plattengestell angebracht sind. In südlichen Klimaten ist es rathsam, sein Zelt, um es kühl zu halten, fleissig von aussen mit Wasser bespritzen zu lassen. Auch kann man statt eines Zeltes mit Vortheil einen Reisewagen gleichsam als ein wanderndes Atelier benutzen, wie solches im Feldzuge 1870/71 von Seiten der photographischen Abtheilung des preussischen Generalstabes geschah. (Vgl. in diesem Bande Seite 215, Fig. 152). Im Nothfalle kann übrigens jeder verdunkelte Raum auf Reisen zum Präpariren der Platten dienen, falls sich ein solcher lichtdicht verschliessen lässt. Die künstliche

Beleuchtung möge in solchem Falle im Lichte einer kleinen Laterne mit rother Glaswand bestehen.

Arbeitet man mit sehr empfindlichen Chemikalien, so stelle man noch eine rothe Glasscheibe vor das Licht, damit jeder wirksame Strahl, welcher von der schwachen Lichtquelle ausgehen könnte, absorbirt werde.

Einige aus Ebonit, Porzellan oder Glas gefertigte Entwickelungsschalen (vgl. Band I, Seite 240), die mit rothem Glase versehene

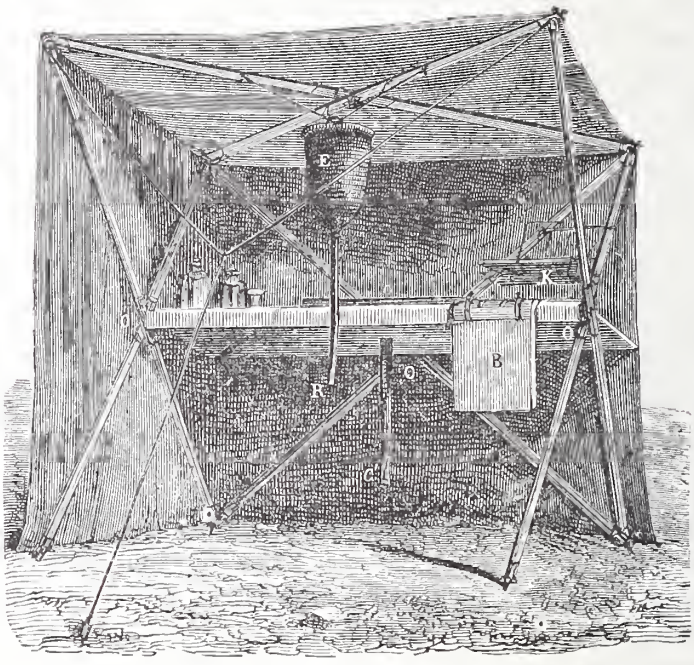


Fig. 350. It.Reiseze

Laterne, sowie die nöthigen Hervorrufungs- und Fixirungs-Chemikalien bilden ausser den Platten das gesammte Instrumentarium des Privatphotographen. Die rothe Beleuchtung kann mit jeder Laterne erzielt werden, welche drei dunkle undurchsichtige Wände hat, während die vierte aus rothem, sogenannten Karmoisin-Glase, besteht. Als höchst einfache und bequeme Trockenplatten-Beleuchtung dient mir ein rother Lampencylinder, Fig. 351, den ich über ein auf einer Holzplatte stehendes sogenanntes Tellerlicht stürze. Die zum Brennen des Lichtes nöthige Luft tritt durch ein Bohrloch von unten in den Raum des Cylinders ein. Ueber den Cylinder wird ein kleines Blechdach gesetzt, welches die nach oben gehenden Lichtstrahlen abhält.

Es sind in den jüngsten Jahren Dutzende von meistens höchst komplizirten photographischen Laternen angefertigt worden, jedoch genügt die erwähnte Vorrichtung vollkommen für die Zwecke des Privatphotographen.

Wer eine galvanische Batterie zur Verfügung hat, wie solche in Band I, Seite 431 ff. dieses Werkes beschrieben und abgebildet sind, kann sich eine bequeme Dunkelzimmer-Beleuchtung durch Benutzung eines kleinen elektrischen Glühlichts aus rothem Glase (Band I, Fig. 456) verschaffen, oder ein gewöhnliches Glühlicht mit dem in Fig. 351 abgebildeten rothem Cylinder umhüllen.

Fig. 352. Carmoisin-Cylinder.

c) DAS EINSTELLEN DER BILDER.

Die zur Bromsilber-Gelatine-Photographie üblichen Glasplatten können in den verschiedensten Grössen bezogen werden. Als bestes und geeignetstes Normalmaass für wissenschaftliche Zwecke ist dasjenige von 9·12 cm, 13·18 cm und 18·24 cm zu bezeichnen. Zumeist pflegen die beiden ersterwähnten Plattengrössen bei den sogenannten „Amateuren“ zur Verwendung zu kommen.

Ist das Laboratorium (vgl. auch Band I, Seite 239—252) in bezeichneter Weise mit dem Nöthigsten eingerichtet, so kann die photographische Aufnahme von statten gehen. Bei allen bezüglichen Thätigkeiten, sei es zu landschaftlichen oder zu reproduktionellen Zwecken, sei es bei anatomischen und mikroskopischen Studien oder zur photographischen Abbildung der Gestirne, sowie bei Aufzeichnungen meteorologischer Erscheinungen oder bei der Photographie des Sonnenspektrums, überhaupt bei jeder photographischen Arbeit, muss das Einstellen eines reellen Bildes auf der matten Scheibe des Apparates vorangehen.

Ist der darzustellende Gegenstand in Augenschein genommen, so wird der Apparat nach demselben gerichtet; die Entfernung der Einstellscheibe von dem Objektive ist von der gewünschten Grösse des Bildes abhängig. Soll mit ein und demselben Objektive ein verhältnissmässig grosses Bild dargestellt werden, so muss der Apparat genähert und die Kamera weit ausgezogen, soll eine kleinere Abbildung erzielt werden, so muss der Apparat weiter entfernt und die Kamera zusammengeschoben werden. Für weitere Entfernung eines Gegenstandes verkürzt sich, in der Nähe verlängert sich quasi der Linsenfokus und demgemäss die Kamera. An den meisten Kameras können zwei Verschiebungen, die eine durch die Mikrometerschraube, die

zweite durch Ausziehen oder Ausschrauben (Spindelvorrichtung) des Kastens bewerkstelligt werden. Von hoher Wichtigkeit für das scharfe Einstellen ist der möglichst glatte Schliff der matten Scheibe, und sind zu diesem Zwecke mattgeätzte Spiegelscheiben am empfehlenswerthesten.

Wird das Bild während des Vorschiebens der Kamera auf der matten Scheibe sichtbar, so wird unter Einhüllung des Hauptes mittels eines dunkeln lichtdichten Tuches so lange an der Mikrometerschraube des Objektivs hin- und hergeschraubt, bis die einzelnen Theile des Objektes mit tadelloser Schärfe auf der matten Scheibe erscheinen. Die Einstellung pflegt man ohne Blendung vorzunehmen, während man vor der Aufnahme eine kleine Blende, je nach Bedarf, und der vorhandenen Lichtfülle entsprechend, einschiebt. Man besitzt zum Einstellen der Bilder sehr geeignet konstruirte Einstell-Lupen; eine solche ist in Fig. 352 abgebildet. Dieselbe besteht aus zwei, mit den Konvexseiten gegen einander gestellten plankonvexen Linsen, die in den Tubus *C* gefasst sind. Letzterer schiebt sich in einer, in das Rohr *A* eingeschraubten Schieberöhre *B* leicht hin und her. Ist die Lupe einmal genau für einen bestimmten Apparat eingestellt, so soll man sie Andern nicht überlassen, ohne solche nochmals zu reguliren, da die Augen von verschiedener Sehschärfe sind.

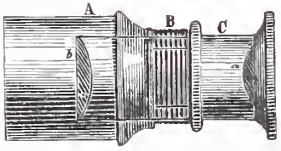


Fig. 352. Einstell-Lupe.

d) UEBER DIE AUFNAHME MIT BROMSILBER-GELATINE-PLATTEN.

1) BELICHTUNGSZEITEN.

Nachdem die Platten, wie im vorangehenden Paragraphen mitgetheilt, je nach Konstruktion des benutzten Apparates in dieser oder jener Weise in die Kassette gebracht und zur Exposition bereit sind, kann die Belichtung durch Oeffnen des Objektivdeckels bei längeren Expositionen mit der Hand oder nach Bedarf durch einen der erwähnten Momentverschlüsse von statten gehen. Es ist bei der hohen Lichtempfindlichkeit der Bromsilbergelatine-Trockenplatten die Expositionszeit besonders zu beachten, ein Erforderniss, welches speziell bei Momentaufnahmen für den weniger Geübten recht schwierig werden kann. Wie sehr es bei Momentaufnahmen auf die richtige Wahl der, wenn auch noch so kurzen, Expositionsdauer ankommt, kann man praktisch leicht mittels des in Fig. 329 abgebildeten Momentverschlusses erproben, wenn man mit demselben drei Aufnahmen hinter-

einander in den drei verschiedenen Stellungen, die er bietet, vornimmt. Es wird sich dann herausstellen, dass die eine Aufnahme vollkommen durchgearbeitet, die zweite zu kurz und die dritte zu lange exponirt erscheint. Je nach der Empfindlichkeit seiner Trockenplatten muss der Photograph durch Probiren die richtige Expositionszeit kennen lernen. Ist eine Platte zu kurz exponirt, so erscheinen die Bilder flach, flau und hart, d. h. die Uebergänge von Licht und Schatten sind nicht weich in einander fliessend, sondern scharf abgebrochen. Ist die Platte zu lange belichtet, so erhält solche nach Hervorrufung einen grauen Ton und die durchsichtigen Stellen des Negativs, welche den tiefsten Schatten in der Wirklichkeit entsprechen, belegen sich mit einem milchigen Schleier.

Die Belichtungszeiten für verschiedene Gegenstände bei trübem oder hellem Wetter richten sich nach der Lichtstärke, d. h. der Objektivöffnung im Verhältniss zur Brennweite des Objektivs. Im Allgemeinen können die von Darval (nach Eder) aufgestellten Regeln folgender Tabelle gelten:

Bezeichnung des Gegenstandes	Sonne		Zerstreutes Licht		Trübes Wetter
	Tagüber	Morgen, Abend	Tagüber	Morgen Abend	
Panoramische Ansicht	1	2	2	4	6
Wie vor, jedoch mit grossen Laubmassen	2	4	4	8	12
Ansicht mit Vordergrund und hellen Gebäuden	2	4	4	8	12
Ansicht mit Vordergrund und dunkeln Gebäuden	3	6	6	12	18
Waldpartien, dunkle beschattete Flussufer	10	20	25	40	60
Lebende Objekte, Portraite und Gruppen im Freien	4	8	12	24	40
Wie vorher, jedoch im Zimmer, nahe einem Fenster oder unter einem Dache	8	16	24	48	50
Reproduktion in gleicher Grösse und Vergrösserungen von Photographien, Stichen etc.	6	12	12	24	80

Die Ziffern sind Verhältniss-Zahlen. Sie bedeuten, z. B. für Aplanate mit kleinster Blendung, bei gewöhnlichen Trockenplatten „Sekunden“ der Belichtungszeit. Für empfindliche Platten ist der vierte Theil der Ziffern in der Bedeutung von Sekunden zu nehmen. Im Allgemeinen aber soll die Tabelle nur eine Verhältnisszahlen-Tabelle darstellen. Man exponirt, um die Leistungsfähigkeit des Apparates und der Platten zu prüfen, vor einer von der Sonne beleuchteten panoramischen freien Ansicht und benennt die Zeit, welche nöthig

ist, um ein gutes Bild zu erhalten, mit 1. Erhält man ein gutes Bild durch direktes Oeffnen und sofortiges Schliessen des Objektivs mit der Hand, welche Arbeit etwa einer Viertelstunde gleich kommen würde, so wären mit den Platten derselben Qualität und mit gleichem Objektive bei trübem Wetter im Freien $1^1/_2$ Sekunden zur Exposition nöthig, während zur Aufnahme einer in einem Zimmer befindlichen Person nahe an einem Fenster, oder unter einem Dache bei trübem Wetter, 50 Mal soviel Zeit, also 12 bis 13 Sekunden, erforderlich sein würden.

Die Dauer der Aufnahme für bewegliche Gegenstände bei Momentaufnahmen richtet sich nach der Geschwindigkeit des zu photographirenden Gegenstandes und der Entfernung desselben von der Linse. Praktische Versuche haben ergeben, dass ein sich bewegender Körper, welcher in einer Sekunde 5 Meter zurücklegt, in einer Entfernung, welche tausend Mal so weit ist, wie die Brennweite des Objektivs, bei guter Beleuchtung $^1/_{50}$ Sekunde Zeit zur Aufnahme nöthig hat.

Nehmen wir z. B. an, das angewandte Objektiv sei ein Steinheil'sches Aplanat von 27,7 cm Brennweite, so würde die Entfernung bei einer Belichtungszeit von $^1/_{50}$ Sekunde 277 Meter betragen können. Bei einer Entfernung des zu photographirenden Gegenstandes von nur 27 Meter würde die Belichtungszeit 10 Mal kürzer sein müssen, d. h. $^1/_{500}$ Sekunde. Je näher demnach der aufzunehmende Gegenstand ist, desto weniger vollendete Bilder wird man erzeugen können, da die Expositionszeit eine zu kurze werden würde. Es geht aus Obigem die allgemeine Regel hervor, dass, je näher ein in Bewegung befindliches Objekt dem Apparate sich befindet und je rascher es sich bewegt, desto kürzer die Exposition sein muss.

Eder hat in seinem mehrerwähnten „Photographischen Jahrbuche" folgende, für den Anfänger in der Momentphotographie bestimmte Angaben für die Belichtungszeit bei häufiger vorkommenden Fällen gemacht:

	Belichtungszeit
Lachende Kinder, lebende Bilder etc., bei welchen man einen Augenblick der Ruhe abwartet, dann mittels eines langsamen Momentverschlusses belichtet	$^1/_5$ bis 1 Sek.
Dressirte Hunde, Katzen etc.	$^1/_2$ „ $^1/_{10}$ „
Strassenscenen vom Fenster eines Stockwerkes aus, je nach Grösse der Figuren	$^1/_{20}$ „ $^1/_{50}$ „
Weidendes Vieh, Schafherden mit freiem Himmel .	$^1/_{20}$ „ $^1/_{30}$ „

	Belichtungszeit
Fahrende Schiffe in einer Distanz von 500 bis 1000 m	$^1/_{20}$ bis $^1/_{30}$ Sek.
Fahrende Schiffe in grösserem Formate und geringeren Distanzen	$^1/_{50}$ „ $^1/_{150}$ „
Thiere, welche 3 bis 5 cm hoch am Bilde erscheinen sollen und quer gehen (z. B. Thiergartenbilder)	$^1/_{50}$ „ $^1/_{100}$ „
Springende und trabende Pferde, fliegende Vögel, laufende Menschen etc.	$^1/_{100}$ „ $^1/_{400}$ „ bezw. $^1/_{1000}$ „

e) ENTWICKELUNG DER BILDER.

α) HERVORRUFUNG.

Ist die Exposition vollendet, so kann die Hervorrufung (Entwickelung) der Platte, entweder sofort oder nach einiger Zeit vorgenommen werden, was bei guten Platten noch nach Monaten geschehen kann.

Da zu jeder Hervorrufung von Bromsilber-Gelatine-Trockenplatten eine neue Mischung der zugehörigen Chemikalien stattfinden muss, mithin man nicht, wie bei dem nassen Verfahren (vgl. Band I, Seite 276), die fertigen Entwickelungsflüssigkeiten vorräthig aufbewahren kann, so ist es rathsam, stets eine grössere Anzahl exponirter Trockenplatten aufzubewahren und solche gleichzeitig zu entwickeln.

Ist der Operateur in der Lage, einen ständigen Hervorrufungsraum sich einzurichten, so verklebe er das Fenster des betreffenden Raumes bis auf eine einzige, etwa 500 Quadratcentimeter grosse Stelle mit schwarzem Papier. Die erwähnte freie Stelle soll möglichst in der Höhe des Operationstisches angebracht sein und mit mehreren Lagen dunkelorangefarbigen geölten Seidenpapieres beklebt werden. Vor dem Fenster soll noch ein Vorhang von rothem transparenten Stoff vorgezogen werden können, um unter dem Schutze dieser doppelten, nur unaktinisches Licht zulassenden Verkleidung die Platten in die Kassetten einzulegen und herauszunehmen. Ist das Bild in Entwicklung begriffen, so kann man, um besser zu sehen, den rothen Vorhang zurückziehen. Es kann auch ein Doppelfenster von orangegelbem und orangerothem Glase, in gleicher Weise wie der erwähnte Vorhang und zu gleichem Zwecke verwendet werden.

Die chemische Entwickelung der Platten kann auf zweierlei Art geschehen, entweder mittels Eisenoxalat, einer Methode, welche Verfasser als die bequemste und für Privatphotographen geeignetste befunden hat, oder mittels Pyrogallusentwickler. Nach beiden Methoden

werden die Mischungen in verschiedener Zusammensetzung dargestellt. Für den Entwickler mit Pyrogallussäure giebt Eder in seinem Handbuche der Photographie*) fünf verschiedene Vorschriften, während für den Eisenoxalatentwickler nur eine einzige und zwar sehr einfache Methode verzeichnet ist. Da wir für wissenschaftliche Zwecke die Eisenoxalat-Entwickelung als allen Anforderungen entsprechend befunden haben, so haben wir dieser Entwickelungsmethode besondere Aufmerksamkeit zugewendet, verweisen aber denjenigen, welcher sich auch mit einer anderen Methode bekannt machen will, auf das Seite 287 angegebene Pyrogallol-Verfahren.

Der Eisenoxalat-Entwickler, den wir seit einigen Jahren mit gleich gutem Erfolg benutzen, besteht aus zwei Lösungen, die jede für sich längere Zeit aufbewahrt werden können, nämlich:

Lösung I. 300 Gramm neutrales oxalsaures Kali in
1000 „ destillirtem Wasser, in der Wärme.
Lösung II. 100 Gramm Eisenvitriol in
300 „ destillirtem Wasser (zu filtriren).

Beim Entwickeln mischt man kurz vor dem Gebrauche:

3 Theile der oxalsauren Kali-Lösung I,
1 „ der Eisenvitriol-Lösung II.

Die Eisenvitriol-Lösung kann nur, so lange sie ihre grüne Farbe besitzt, als brauchbar bezeichnet werden.

Die beiden Lösungen werden in eine flache Schale (Fig. 353) gegossen und zwar mehr oder weniger, je nachdem man grössere oder kleinere Platten zu entwickeln hat. Nachdem sich die beiden Lösungen innig zu einer rothgelben Flüssigkeit vermischt haben, wird die exponirte Gelatineplatte in die Schale eingelegt. Dies geschieht in der Weise, dass man mit der einen Hand die Schale etwas hebt, sodass die Flüssigkeit in der unteren, auf dem Tische stehenden Schalenhälfte zusammenfliesst, während man mit der anderen Hand die Platte, Gelatineschicht nach oben, auf den von Flüssigkeit freien Boden der Schale legt; hierauf wird die Schale schnell in ihre wagerechte Lage gebracht, sodass die Flüssigkeit mit einem Gusse über die Platte läuft. Die Flüssigkeit lässt man etwa eine halbe Minute ruhig über der Platte stehen, um sie alsdann durch Schaukeln der Schale über die Platte hin und her fliessen zu lassen. (Fig. 353). Man hat für dieses Schaukeln der Schale die verschieden-

*) Band III, Seite 223.

sten mechanischen Vorrichtungen konstruirt; solche Apparate passen für denjenigen, der die Photographie geschäftsmässig betreibt, mehr als für den Kunstliebhaber. Nur einen einzigen Schaukelapparat wollen wir wegen seiner Einfachheit erwähnen; es ist dies der in Fig. 354 abgebildete, aus Holz oder Metall darzustellende Rahmen *a b*, dessen Manipulation sich von selbst aus der Zeichnung ergiebt. Glaubt man, das Bild sei genügend entwickelt, was je nach der Eigenschaft der Platte und des auf dieselbe eingewirkt habenden Lichtes, sowie der Güte des Entwicklers nach 2 bis 5 Minuten der Fall ist, so wird es aus der Schale herausgehoben. Das Bild ist genügend entwickelt, wenn es in der Aufsicht vollkommen schwarz erscheint, in der Durchsicht den aufgenommenen Gegenstand in genügender Schärfe und Tiefe bei vollkommen freier Schattenwirkung und klarer Durchsichtigkeit zeigt.

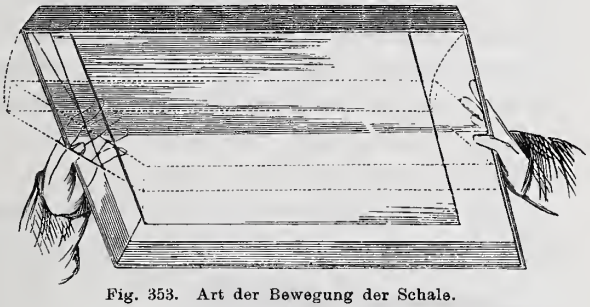


Fig. 353. Art der Bewegung der Schale.

Erscheint das Negativ zu zart und fehlen ihm die charakteristischen Lichtpartien, so empfiehlt sich für die Folge der Zusatz von 2 bis 5 Tropfen einer Bromkaliumlösung (1:10) auf 50 Kubikcentimeter Entwickelungsflüssigkeit. Zuviel Bromkaliumlösung verdirbt das Bild. Nach Eder's Mittheilungen*) wird auch eine grosse Weichheit und Zartheit der Portraite erhalten, wenn man dem Oxalatentwickler etwas unterschwefligsaures Natron zusetzt, wodurch auch die Belichtung abgekürzt wird. Als gute Vorschrift empfiehlt Eder:

Fig. 354.
Schaukelrahmen für Entwickelungsschalen.

25 Kubikcentimeter Eisenvitriollösung,
75 „ „ oxalsaure Kalilösung,
4 Tropfen Bromkaliumlösung (1 : 10),
12 „ unterschwefligsaure Natronlösung (1 : 200, nicht stärker!).

*) a. a. O. Seite 221.

Das Bild soll in diesem Entwickler zwei- bis dreimal rascher, als in dem gewöhnlichen erscheinen und reiche Nuancen und Tonabstufungen und grosse Weichheit zeigen.

Zu kurz exponirte Platten, insbesondere alle Momentaufnahmen, badet man vorher nach Angabe desselben Autors eine Minute lang in einer verdünnten Lösung von unterschwefligsaurem Natron (1 : 300); die abgetropfte Platte legt man in die oben erwähnte Mischung. Nachdem das Bild rasch erschienen, lässt man es noch einige Zeit, wie oben angegeben, im Entwickler liegen, bis genügende Kontraste zwischen Licht und Schatten eingetreten sind. Ist durch diese Manipulation das Bild nicht genügend kräftig geworden, so fügt man dem Entwickler noch 10 bis 15 Tropfen der erwähnten Bromkaliumlösung bei. Die Entwicklung muss aber dann noch mindestens 10 bis 15 Minuten lang fortgesetzt werden.

Die Platten könnten wohl mit dem Finger aus der Flüssigkeit, nachdem sie genügend entwickelt sind, herausgenommen werden. jedoch ist zu diesem Zwecke der Braun'sche Plattenheber, Fig. 356, ein mit einem langen Hebstift versehener, vorn offener, fingerhutförmiger, vernickelter Apparat empfehlenswerth, insbesondere weil das Betasten der Platte leicht Flecken auf derselben bedingt.

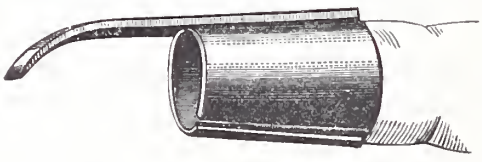


Fig. 35. Plattenheber.

Ist man über die Expositionszeit einer Platte im Zweifel, so soll die Hervorrufungsmischung erst allmählich auf die Höhe ihrer Leistungsfähigkeit gebracht werden. Zu diesem Behufe wird die Kalilösung in die Entwicklungsschale gegeben, während von der sonst üblichen Menge Eisenvitriollösung nur etwa ein Viertel dazugegossen, das übrige in einem Gläschen nebenbei gestellt wird. Nun wird die Platte eingelegt; war sie zu lange exponirt, so wird das Bild rasch erscheinen. Zögert aber das Erscheinen des Bildes, so wird tropfenweise Eisenvitriollösung nachgegossen, bis die erwartete Wirkung eingetreten ist. Im Uebrigen wird verfahren wie angegeben. Nach geschehener Hervorrufung derjenigen Zahl von Platten, welche zur Entwickelung für die angesetzte Lösung bestimmt ist, wird solche zumeist weggegossen, da alter Oxalatentwicker nur eine geringe Wirkung besitzt; man könnte ihn jedoch zur Landschaftsphotographie bei längerer Entwicklungsdauer des Bildes immerhin noch einmal benutzen.

Sollte ein Negativ zu dunkel ausgefallen sein, so kann es durch Uebergiessen mit einer konzentrirten Cyancaliumlösung abgeschwächt werden. Auch eine Lösung von 1 Gramm rothem Blutlaugensalz in 100 Gramm Fixirnatron ist hierfür geeignet. Allzudichte Negative können ebenfalls mit diesen Lösungen abgeschwächt werden.

Das oben vorübergehend erwähnte Hervorrufen mittels einer Mischung von Pottasche und Pyrogallussäure wird nach Eder folgendermassen vorgenommen. Es werden zwei Mischungen vor dem Gebrauche angefertigt. Die Mischung A besteht aus:

100 Kubikcentimeter Wasser,
25 Gramm neutralem schwefligsaurem Natron (Natriumsulfit),
3 bis 4 Tropfen konzentrirter Schwefelsäure,
10 Gramm Pyrogallol,

während die Mischung B enthält:

200 Kubikcentimeter Wasser,
90 Gramm kohlensaures Kali oder Pottasche (frei von Chlorsalzen),
25 „ neutrales schwefligsaures Natron.

Vor dem Gebrauche werden 3 Kubikcentimeter der Lösung A und 3 Kubikcentimeter der Lösung B mit 100 Kubikcentimeter Wasser versetzt. In diesen Entwickler wird die Platte 2 bis 3 Minuten lang eingelegt. Für Momentaufnahmen wird der Entwickler verdünnt und ist demgemäss auch die Dauer der Entwickelung eine bedeutend längere, sie variirt zwischen 10 und 30 Minuten. Das Fixiren geschieht ebenso, wie oben bei der Oxalatentwicklung angegeben, während für das Verstärken eine Mischung von 1 bis 2 Theilen Quecksilberchlorid auf 100 Theile Wasser empfohlen wird. Die nach dem Verstärken oberflächlich abgewaschene Platte wird mit einer 10 prozentigen Lösung neutralen schwefligsauren Natrons übergossen.

Sollte durch den Pyrogallusentwickler ein Gelatinenegativ gelb gefärbt worden sein, so kann solches, nachdem es fixirt und tüchtig ausgewaschen worden, wenn in eine Lösung von

200 Gramm Alaun
100 „ Citronensäure
1 Liter Wasser

gelegt, wieder entfärbt werden.

β) FIXIRUNG.

Hat man sich nach Zutritt von gelbem Licht überzeugt, dass die Platte genügend entwickelt ist, so spült man sie tüchtig mit Wasser ab, wozu am besten eine an eine Wasserleitung angefügte Giess-

kannenbrause oder in Ermangelung einer Wasserleitung eine grosse Giesskanne selbst benutzt wird. Dann wird die Platte fixirt. Manche Photographen legen solche vorher in eine Alaunlösung, um die Schicht widerstandsfähiger zu machen. Das einfachste Fixirbad besteht in einer Lösung von unterschwefligsaurem Natron auf vier Theile Wasser. Man fixirt in einem der Entwicklungsschale gleichartigen Gefässe. Die Fixirung muss im Halbdunkel vorgenommen werden, da, wenn grelles Tageslicht während des Fixirens die Platte trifft, solche leicht gelb wird. Ist die letzte weissliche Spur von Bromsilber aus der Platte verschwunden, so wird solche fleissig unter der Brause abgespült, dann auf kurze Zeit in eine Schale mit Wasser und, wenn man die Schicht noch härten will, in eine konzentrirte Alaunlösung gelegt. Hierauf muss die Platte wiederum fleissig mit Wasser abgespült werden. Färbt sich das Fixirbad infolge von noch in der Platte zurückgebliebenem Eisenoxalat, so muss solches weggegossen und eine frische Lösung genommen werden. Liegen die Gelatineplatten zu lange in dem Fixirnatron, so wird leicht ein Theil des Bildes zerstört.

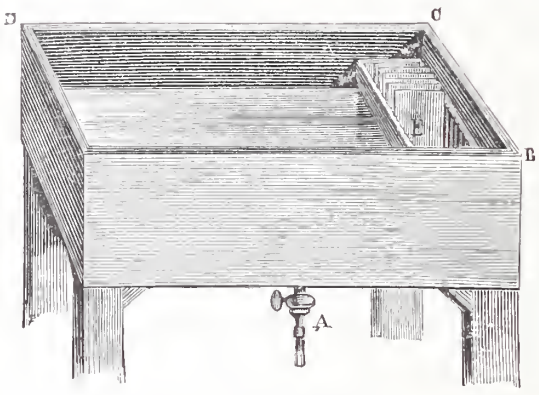


Fig. 356. Platten-Waschkasten.

Alle weiter empfohlenen Zusätze zu den Fixirbädern haben sich bei dem Gelatineverfahren nicht bewährt. Sehr empfehlenswerth ist es dagegen, die gewonnenen Platten recht lange und gut auszuwaschen, um sie nach dem Trocknen möglichst dauerhaft zu erhalten. Die Platten werden zu diesen Behufe nochmals auf etwa 20 Minuten in einen Waschkasten gestellt, wie ein solcher in Fig. 356 abgebildet. Es ist gut, wenn dieser Waschtrog beständigen Zufluss aus einem Wasserrohre und gleichzeitigen Abfluss besitzt, wie bei *A* Fig. 356 angedeutet.

γ) VERSTAERKUNG UND LACKIRUNG.

Sind die Platten genügende Zeit gewaschen, so werden sie, wenn nöthig, verstärkt. Die einfachste und sicherste Methode der Verstärkung ist die folgende:

Man löse:

10 Gramm Quecksilberchlorid in
300 Gramm dest. Wasser.

Das Negativ wird so lange in diese Lösung getaucht, bis die Lichter grau erscheinen. Nachdem das Negativ nochmals gut ausgewaschen ist, bringt man dasselbe so lange in eine Schale mit Wasser, welchem etwas Ammoniak zugesetzt ist, bis das Negativ eine tiefschwarze Färbung angenommen hat. Nach wiederholtem längeren Auswaschen wird das gewonnene Negativ zum Trocknen hingestellt (Fig. 357). Das Trocknen muss allmählig geschehen und darf nicht durch Ofenwärme beschleunigt werden, weil das durchfeuchtete Gelatinebild durch rasches Erwärmen dem Zerfliessen ausgesetzt ist. Die getrockneten Platten können mit Firniss überzogen

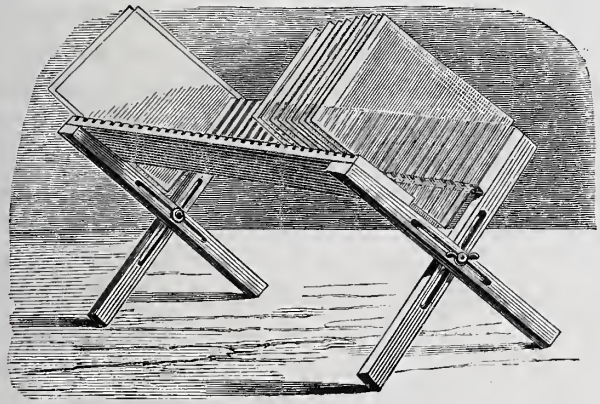


Fig. 357. Trockengestell.

werden. Es ist hierzu der auch für Kollodiumbilder empfohlene, in seiner Zusammensetzung auf Seite 248, Band I mitgetheilte Lack zu benutzen. Eventuell schadhafte Stellen des Negativs können mit Bleistift- oder Farbenretouche zugedeckt werden.

δ) ABZIEHEN DER NEGATIVE VON DER GLASPLATTE.

Auch die bildtragende Gelatineschicht lässt sich ebenso, wie wir das für die Kollodiumschicht Seite 345 mitgetheilt, von dem Glase abziehen. Das kann aber nur mit solchen Platten geschehen, welche unter der Gelatineschicht einen Ueberzug von Rohkollodium haben und deren Ränder mit Kautschuk in Benzin bestrichen sind. Statt die fertig entwickelten Platten zu lackiren, werden solche mit Rohkollodium und, nachdem sie getrocknet sind, mit einer lauwarmen,

vollkommen reinen und filtrirten Gelatine-Glyzerin-Lösung (75 Gramm Gelatine und 10 Gramm Glyzerin auf 500 Gramm Wasser) übergossen. Sind die Platten getrocknet, so wird die Schicht an den Rändern durchgeschnitten und abgezogen. Die mit Alaun behandelten Bilder können dagegen ohne Vorpräpariren vom Glase entfernt werden, jedoch entsteht durch diese Methode leicht Verzerrung des Bildes.

ε) FEHLER AUF DEN PLATTEN.

Bei dem Bromsilbergelatine-Verfahren treten häufig nach dem Entwickeln der Platten eigenthümliche Störungen und Fehler im Bilde auf, welche in zwei Kategorien zerfallen; erstens in solche, deren Schuld an der Präparirung der Emulsion oder an den zu den Platten verwandten Gläsern liegt, und zweitens in solche, die dem Operateur zur Last fallen. In ersterem Falle ist man berechtigt, Ersatz der Platten gegen neue, tadellos wirkende vom Fabrikanten zu verlangen; landkartenartige Wolkenbildung, dendritische Zeichnungen, mattglänzende Flecke, unregelmässige Streifen, verschleierte Bilder nach richtiger Expositionszeit und bei Benutzung vollkommen lichtdichter Apparate zeigen zumeist mangelhafte Plattenfabrikation an; ebenso rothe, grüne oder bräunlich gelbe Schleier beim Entwickeln mit Pyrogallussäure, transparente Pünktchen oder Flecken, sowie viele nadelstichgrosse Pünktchen, Ablösung der Schicht vom Glase, Entstehen von Blasen, sowie Faltenbildung und Verziehen des Bildes. Zu der zweiten Kategorie, den vom Operateur verschuldeten Fehlern, gehören: Verschleierung und Grauwerden des Bildes, durch während der Exposition in die Kasette einfallendes Licht, schwarze Flecken von Fingerabdrücken, unregelmässige zackige, scharf begrenzte Flecken, die Folge nicht genügender Entwickelungsflüssigkeit, flaue Bilder, die Folge von Ueberexposition. Diese kann verbessert werden durch Zusatz einer Bromkaliumlösung (1 : 10) zum Entwickler (Vergl. S. 385. Erscheint das Bild zu schwach, so ist es zu kurz entwickelt oder die Emulsion war zu dünn über die Platte gegossen, was übrigens selten vorkommt und dann dem Plattenfabrikanten zuzuschieben ist. Sind die Bilder zu hart, d. h. in Licht und Schatten nicht gleichmässig abgetont, so liegt der Fehler in unrichtiger Exposition oder unrichtiger Einwirkungszeit des Entwicklers. Hat eine allzustarke Ueberexposition stattgefunden, so entsteht sogenannte Solarisation des Bildes (vergl. Band I, S. 258) und dasselbe erscheint schwach positiv. Ein Ablösen der Schicht kann auch eintreten, wenn eine zu konzentrirte Fixirnatronlösung

oder warmes Wasser benutzt wurde. Während der Behandlung mit der zur Verstärkung dienenden Quecksilberchloridlösung entsteht, falls das Negativ nach der Fixirung nicht genügend lange ausgewaschen worden ist, ein brauner Schleier von Schwefelquecksilber. Wurde die Platte nach der Einwirkung des Quecksilberchlorids und der darauf folgenden Begiessung mit Ammoniak nicht genügend gewaschen, so entstehen netzartige fleckige Zeichnungen auf dem Bilde. Entstehen feine, verästelte Krystallisationen auf der Platte, so ist das auch eine Folge mangelhaften Auswaschens. Wird eine und dieselbe Gelatineplatte, ohne lackirt zu sein, vielfach zum Bedrucken gesilberten Albuminpapieres benutzt, so wird sie mit der Zeit infolge Aufnahme von Silbernitrat gelbbraun. Werthvolle Platten, die in dieser Weise verdorben sind, könnten durch Uebergiessen mit Cyankalium möglicherweise gerettet werden. Das Gleiche kann bei unlackirten Kollodiumnegativen vorkommen. Erscheinen die Platten nach dem Lackiren milchig getrübt, so ist das meist eine Folge von zurückgebliebener Feuchtigkeit in der Gelatineschicht, welche nicht genügend getrocknet und vor dem Lackiren erwärmt wurde.

Soll von einer schon lackirten Platte, um solche nachträglich zu verstärken, der Lack entfernt werden, so geschieht dies durch Einlegen der Platte auf 10 bis 12 Minuten in absoluten Alkohol und nachheriges Abreiben des gelösten Lackes mittels eines weichen Flanellläppchens.

ζ) ORTHOCHROMATISCHE PLATTEN.

Es ist bekannt, dass bei dem gewöhnlichen photographischen Verfahren die Farben infolge ihrer der Lichteinwirkung nicht proportionalen chemischen Effekte nicht in der regelmässigen Abstufung auf den Bildern zur Geltung kommen, wie dies, der Natur entsprechend, der Fall sein sollte. So wirkt z. B. Rothgelb oder sehr helles Gelb nicht auf die Silbersalze in genügendem Masse ein und entsteht deshalb an diesen Stellen auf den positiven Abdrücken ein sehr dunkles Bild ohne alle Durcharbeitung. Dunkle, zur Gattung des Blau gehörige Farben, selbst tiefes Ultramarin, wirken auf die Platte so kräftig, dass sie verhältnissmässig zu viel Silberpartikelchen reduziren und infolgedessen an diesen Stellen des positiven Bildes allzu helle Tonungen entstehen. Diesem Missstande wurde einerseits durch Beimischung organisch-chemischer Substanzen abgeholfen, andererseits dadurch, dass man die Aufnahmen durch gefärbte Gläser hindurch auf die lichtempfindliche Platte wirken liess. Das Hauptverdienst,

die Präparation solcher Glasplatten erfunden zu haben, welche die Farben in richtiger Lichtabstufung wiedergeben, fällt, neben Dr. Albert (München) und Professor Vogel (Berlin), wiederum dem unermüdlichen Forscher auf dem Gebiete photographischer Chemie, Professor J. M. Eder in Wien zu.

Um Farben, welche eine starke chemische Aktion auf die gewöhnlichen Platten üben würden, abzuschwächen, werden die Platten in einer äusserst verdünnten Lösung irgend eines Farbstoffes gebadet und durch eine gelbe Scheibe hindurch exponirt. Vogel wendet theils Azalin-, theils Eosin- und Cyanin-Farbstoff zur Orthochromatisirung der Platten an. Es genügt z. B. schon eine Spur Eosin, etwa ein Milligramm auf einen halben Liter Wasser, zur Erreichung des gewünschten Zweckes. Eder nimmt eine Mischung von gleichen Teilen Cyanin und Eosin, um die Platten für Gelb, Grün und Orange lichtempfindlich zu machen. Statt der erwähnten gelben Scheibe kann man auch mittels gelb gefärbten Kollodiums die hintere Linse des Objektivs färben. Die orthochromatischen Platten werden ebenso hervorgerufen, wie die gewöhnlichen Platten, nur dauert die Hervorrufung länger. Diese Platten werden neuerdings in genügendem Umfange in Fabriken dargestellt und verkauft. Orthochromatische Platten müssen, da sie sehr farbenempfindlich sind, bei dunkelrothem Lichte in die Kassetten gelegt werden. Noch besser ist es, wenn man sie ganz im Dunkeln einzulegen lernt. Desgleichen müssen die Platten bei möglichst tief roth gedämpftem Lichte aus den Kassetten genommen werden. Dann legt man sie in schon einmal gebrauchten Eisenoxalat-Entwickler. Während der Entwickelung soll auch das tiefste rothe Licht von den Platten abgehalten werden. Ist das Bild, nachdem die Platte 5 Minuten in der Lösung gelegen, noch nicht erschienen oder zu schwach, so wird frische Entwickelungsflüssigkeit zugegossen und noch 10 Minuten entwickelt. Das Fixiren und Waschen geschieht wie bei gewöhnlichen Platten.

4. DER POSITIV-PROZESS.

a) SILBERDRUCKE.

Sind die Negative gut lackirt und getrocknet, so pflegt man zumeist von denselben entweder Vergrösserungen anzufertigen (vgl. Seite 397) oder direkte Kopien auf lichtempfindliches Papier darzustellen. Die einschlägigen Manipulationen und zugehörigen Apparate sind grösstentheils schon im ersten Bande Seite 275 bis 288 be-

schrieben worden. Nachträglich sei noch bemerkt, dass man neuerdings haltbares gesilbertes Papier darstellt (vgl. Bd. I a. a. O.) mittels einer Lösung von:

10 Gramm Silbersalpeter,
10 „ Citronensäure,
10 „ Alkohol auf
120 „ Wasser.

Man kann auch das gewöhnliche gesilberte Albuminpapier mit seiner Rückseite einige Minuten lang auf eine Lösung von 1 Theil citronensaurem Kali auf 30 Theile Wasser legen und dann mit reinem Wasser auswaschen.

Will man an einem, auf Albuminpapier gedruckten und vollendeten positiven Papierbilde Aenderungen vornehmen d. h. retouchiren oder malen, so nehme man zur Farbe eine Lösung von:

10 Gramm Gummi arabicum,
1 „ chemischreines Glycerin,
5 „ Alkohol,
34 „ destillirtes Wasser.

Von dieser Gummilösung werden 10 Gramm und dazu $^1/_2$ Gramm getrocknetes Ochsengallenpulver zur entsprechenden Farbe auf einer Porzellanplatte angerieben.

Das Silberbad muss während des Nichtgebrauchs in minutiösester Weise rein gehalten und vor Staub und dem Hineinfallen organischer Substanzen geschützt werden. Es ist deshalb am besten, solches nach Gebrauch in die Flasche zurückzufiltriren oder die Schale in einem flachen, gut verschliessbaren Kasten aufzubewahren. Durch organische Verunreinigungen braun gewordenes Silberbad kann mittels einer einprozentigen übermangansauren Kalilösung, welcher 1 Kubikcentimeter Salpetersäure zugesetzt worden war, gereinigt werden, indem man dieselbe tropfenweise dem Silberbade zusetzt. Man fährt mit diesem allmähligen Zusatze so lange fort, bis die leicht rosarothe Färbung, welche von organischen Substanzen zerstört wird, nicht mehr verschwindet.

Silberbäder sollen nicht allzulange verwendet werden, selbst wenn noch genügend Silbersalz in Lösung in denselben enthalten ist, da durch das Schwimmenlassen des Papiers nach und nach zu viel organische Substanzen in das Bad aufgenommen werden. Dauerhaft gesilbertes Albuminpapier kann man in jeder Handlung photographischer Utensilien jetzt kaufen und sich daher die Mühe des Silberns sparen.

Zum Goldbade (Band I, Seite 277) nehme man Chlorgoldlösung (1 : 1000), welcher eine Mischung von 10 Gramm Borax, 40 Gramm wolframsaures Natron auf 1 Liter Wasser beigemischt ist.

Bezüglich des Goldbades ist noch zu erwähnen, dass man, da solches immer nur einmal für eine bestimmte Anzahl von Bildern benutzt wird, den Rest sammelt, um später das Gold aus demselben niederzuschlagen, und dem Fabrikanten des Präparats an Zahlung zurückzugeben. Wenn die Goldtonung der gewonnenen Kopien sehr langsam vor sich geht, trotzdem das Bad genügend mit Gold gesättigt ist, so ist dasselbe zu erwärmen. Das Tonen darf zwar bei Tageslicht vorgenommen werden, jedoch soll solches nicht am Fenster, sondern in der Nähe der dem Fenster gegenüberliegenden Wand geschehen. Treten auf den vergoldeten und getrockneten Bildern Flecke auf, so ist das meist eine Folge von schlechtem Waschen nach dem Fixiren. Flecke auf schon aufgezogenen Bildern oder Gelbwerden derselben pflegt von sauer gewordenem Klebstoff herzurühren. — Auch die Reste alter Silberbäder und die Abschnitte silberhaltiger Papiere, sowie verdorbene Kopien sollte man sammeln, da solche zeitweilig an den Fabrikanten in Rechnung zurückgegeben werden können.

b) PLATINOTYPIEN.

Vor einigen Jahren wurde ein Ersatz der Silbersalze durch Platinsalze für den Druck photographischer positiver Bilder empfohlen. Das Verfahren bei dieser Methode ist in hohem Grade mühsam. Schon das nöthige Papier muss vor der Sensibilisirung mit Arrowrootlösung getränkt und mit Gelatine überzogen worden sein. Auch solche Papiere sind übrigens schon aus den Handlungen photographischer Utensilien durch Kauf erhältlich. Die käuflich erworbenen präparirten Papierbögen werden in verschiedenen Lösungen von Kaliumplatinchlorür und Ferridoxalat empfindlich gemacht. Man bereitet sich erstens eine Lösung von:

10 Gramm Kaliumplatinchlorür,
60 „ destillirtem Wasser,

zweitens eine Eisensalzlösung von:

10 Gramm käuflichen Ferridoxalats,
50 „ Wasser.

Die Lösungen müssen lichtdicht verschlossen aufbewahrt werden. Die eigentliche Sensibilisirungsflüssigkeit wird durch Mischung von:

24 Kubikcentimeter Platinlösung,
22 „ „ Eisenlösung

dargestellt. Die Platin- und Eisenlösung lohnen sich nicht selbst darzustellen, und sind solche von Händlern chemisch-photographischer Präparate erhältlich. Hat man es mit harten Negativen zu thun, so wird obige Lösung benutzt. Bei zarten Negativen dagegen, wie solche für den Silberdruck verwandt zu werden pflegen, wird folgende Mischung empfohlen:

24	Kubikcentimeter		Platinlösung,
14	„	„	Eisenlösung,
8	„	„	Chlorat-Eisenlösung.

Letztere wird durch Auflösen von 4 Decigramm Kaliumchlorat in 100 Kubikcentimeter der Ferridoxalatlösung gewonnnen.

Die Sensibilisirung der Papierbogen wird nicht, wie bei dem Albuminpapier, durch Schwimmenlassen auf der Lösung vorgenommen, sondern durch Bestreichen mit der erwähnten Platin-Eisensalz-Mischung. Das Papier wird hierzu auf ein Reissbrett aufgespannt. Die bestrichenen Papiere werden in einem mässig erwärmten Trockenkasten getrocknet. Alle diese Prozeduren müssen bei Dämmerlicht ausgeführt werden. Die Papiere sind in hohem Grade vor Feuchtigkeit zu bewahren und in Räume oder Gefässe zu bringen, welche durch Chlorkalciumstücke ausgetrocknet sind. Die genügend exponirten Bilder kommen ebenfalls wieder in einen Trockenraum oder eine Trockenbüchse. Das Kopiren geschieht ebenso wie beim Silberdruck, nur muss, da das Platinpapier viel empfindlicher ist, als das Silberpapier, weit kürzer und nicht in direktem Sonnenlichte exponirt werden. Auch während des Kopirens ist das Papier vor Feuchtigkeit auf das Aengstlichste zu schützen. Ein dem Silberbilde ähnlicher Abdruck ist nach Herausnahme aus dem Kopirrahmen nicht oder nur im Anfluge ersichtlich; die Platindrucke erhalten erst durch weitere Entwicklung ihre richtige Tonung. Hat man noch keine bedeutenden Erfahrungen auf einschlägigem Gebiete, so ist es am besten, nur mittels Photometern (vgl. Band I, Seite 96) zu arbeiten. Die Bilder werden in einem erwärmbaren, innen emaillirten eisernen Troge, welcher mit einer gesättigten, mit Oxalsäure angesäuerten Kaliumoxalatlösung gefüllt ist, hervorgerufen. Durch eine unter den Trog zu setzende, regulirbare Spiritus- oder Gasflamme wird das in denselben eingegossene heisse Waser auf gleicher Temperatur erhalten. In den Trog wird eine, mit erwärmter Kaliumoxalatlösung gefüllte zweite Wanne eingesetzt, durch welche die Bilder langsam mittels einer Hornpinzette hindurchgezogen werden. Die Entwicklungsflüssig-

keit kann aufbewahrt und zu einer Reihe von Bildern benutzt werden. Zum Fixiren der Bilder dient eine einprozentige Salzsäurelösung. Letztere wird so lange erneuert, bis sie sich nicht mehr durch das aus dem Bilde ausgewaschene Eisensalz gelblich färbt. Nach dieser Prozedur werden die Bilder, um die Salzsäure zu entfernen, eine Viertelstunde lang, mit Wasser gewaschen, dann getrocknet, aufgezogen und satinirt. Die Bilder können mit jeglicher Farbe bemalt oder retouchirt werden, da sie weder eine Lack-, noch eine Albuminoberfläche, wie die meisten Silberbilder, besitzen.

c) KOPIREN AUF BROMSILBERGELATINEPAPIER.

Ueber das Kopiren mittels Bromsilbergelatinepapier vergleiche man das auf Seite 353 Gesagte; dasselbe geschieht ebenso wie mit Albumin-Chlorsilberpapier, nur hat man ersteres mehr vor Licht zu schützen, wie dieses. Infolge der hohen Empfindlichkeit der Bromgelatinepapiere können betr. Kopien bei Petroleum- oder Gaslicht dargestellt werden. Solche sind in einer halben bis drei Sekunden, je nach der Dichte des Negativs, vollendet. Dieselben unterscheiden sich auch dadurch von Albumin-Chlorsilberkopien, dass sie wie die Bromsilberplatten und Bromsilber-Negativpapiere entwickelt und fixirt werden. Obernetter dagegen hat ein Chlorsilbergelatinepapier erfunden, welches ähnlich wie die gewöhnlichen photographischen Papiere zum Kopiren benutzt wird. —

Ueber das Kopiren mit Eisenchloridpapier, welches zu dem sogenannten Lichtpausprozesse benutzt wird, ist schon Band I, Seite 280 eingehend berichtet.

d) POSITIVE KOPIEN MITTELS VERGRÖSSERUNGSAPPARATEN. DIAPOSITIVE.

Vergrösserungen werden am besten mittels einer guten Laterna magica oder eines Skioptions dargestellt, wie eine solches Verfahren in Fig. 358 u. Fig. 359, die Vergrösserung einer afrikanischen Landschaft darstellend, zu sehen ist. Das Negativ wird bei *ab* in das Skioptikon Fig. 359 geschoben; letzteres erzeugt auf dem lichtempfindlichen in den Rahmen *efgh* eingeklemmten gesilberten Gelatinepapier ein vergrössertes Bild, das, in üblicher Weise exponirt weiter behandelt und fixirt, wie in Fig. 358 sich ergiebt. Ueber Anfertigung von diapositiven Bildern zu Projektionszwecken wurde schon in Kürze in diesem Bande (Seite 335) berichtet. Gewöhnliche (schwarze) diapositive Bilder kann man so darstellen, dass ein Negativ im Kopirrahmen

mit einer Bromsilber-Gelatineplatte zusammengelegt, rasch kopirt und letztere dann hervorgerufen wird. Am besten geschieht die Exposition durch Beleuchtung der Vorderseite des Kopirrahmens mittels Gaslichtes; Expositionszeit, je nach Entfernung der Platte vom Lichte sowie deren Empfindlichkeit $^1/_2$ bis 2 Sekunden. Will man mittels

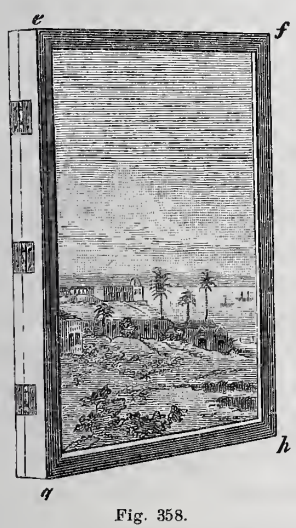


Fig. 358.

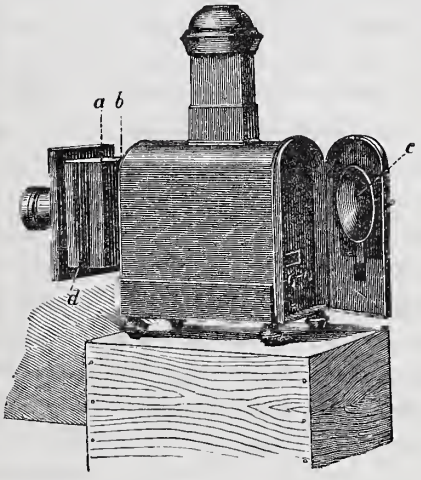


Fig. 359.

Vergrösserungsapparat mit künstlichem Lichte.

einer Kamera von einem Negativ ein diapositives Bild gewinnen, was dann am Platze ist, wenn es sich um eine Verkleinerung oder Vergrösserung des Originals handelt, so kann dies auf die einfache Weise geschehen, wie auf Seite 335 geschildert, oder dadurch, dass man vor die Kamera, Fig. 360, einen mit Kassettenschieber versehenen Blasebalg oder einen entsprechend grossen Holzwürfel setzt, dessen eine Wand abgenommen und dessen gegenüberliegende Wand ausgesägt ist, um an dieselbe das zu kopirende Negativ zu befestigen. Das Negativ befindet sich bei *a*, es wird von einer davorstehenden Lampe, deren Licht man durch eine vorgestellte matte Scheibe gleichmässig vertheilen kann, genügend beleuchtet. Auf der matten Scheibe bei *b* erscheint alsdann die vergrösserte oder verkleinerte Kopie des bei *a* angebrachten Negativs. Entwickelt wird wie bei dem Negativprozess.

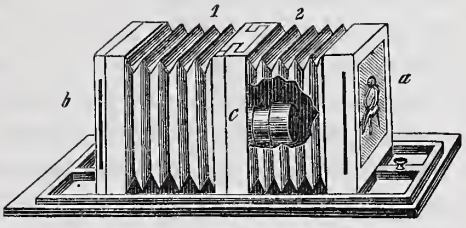


Fig. 360. Glaskopieen von Negativen.

Von dem in den verschiedenen Handbüchern der Photographie angerathenen Färben der Bromsilbergelatine-Diapositive habe ich keine besonderen Vortheile gesehen. Die Methode ist sehr zeitraubend, umständlich und unsicher. Entsprechen die schwarzen Diapositive dem betreffenden Zwecke nicht, so ist eher anzurathen, sich der Chlorsilbergelatine-Platten zur Darstellung der Diapositive zu bedienen. Der Name der Chlorsilbergelatine-Platten verräth schon deren Unterschied von den obengenannten Bildträgern. Solche Platten sind bei den Händlern photographischer Bedarfsartikel käuflich. Die Methode des Kopirens ist dieselbe, wie oben mittels Kopirrahmen geschildert. Die Exposition der Platten ist bei Tageslicht eine sehr rasche, bei Gaslicht, wenn in einer Distanz von 12 bis 15 Centimetern kopirt wird, 10 bis 12 Sekunden. Je länger man belichtet, desto tiefer wird der Ton der exponirten Platte. Auch hier rathe ich, für die Hervorrufung zum Oxalatentwickler zu greifen. Jedoch muss derselbe, damit solcher keine schwarzen Platten entwickelt, mit citronensaurem Kali verbunden werden. Die vorräthig zu haltenden Lösungen sind folgendermassen zusammengesetzt:

I. 70 Gramm citronensaures Kali,
20 „ oxalsaures Kali,
168 „ destillirtes Wasser.
II. 30 „ Eisenvitriol,
168 „ destillirtes Wasser.

Von diesen Lösungen wird zu gleichen Theilen soviel zum Gebrauche gemischt, als zur jeweiligen Hervorrufung nothwendig erscheint. Die Bilder erhalten mit dieser Hervorrufung einen purpurschwarzen Ton. Je nachdem man dem Entwickler Eisencitrat, Gallussäure oder andere Substanzen, wie z. B. Hydrochinon oder Hydroxylamin, beimischt, erhält die Platte einen braunröthlichen oder gelblichen Ton. Die Bilder werden ebenso fixirt, wie die erwähnten Gelatinepositive. Man kann die Bilder auch, um ihnen eine brillantere Färbung zu geben, ein Goldbad passiren lassen. Die fertigen Bilder werden durch Uebergiessen mit Kollodium oder einem feinen Lacke geschützt.

Will man Diapositive als Fensterbilder oder Transparentbilder für Laternen u. dgl. benutzen, so werden solche mit einer feingeschliffenen matten Scheibe oder einer Opal-Glasscheibe bedeckt. Auch kann man sie mit einer ungesilberten, mit abgerahmter Milch hergestellten Gelatine-Emulsion überziehen; wodurch das Bild ebenfalls einen fein mattirten Ton erhält.

5) DIE VERVIELFÄLTIGUNGS-METHODEN DURCH PHOTOGRAPHISCHEN PRESSENDRUCK.

Durch Einwirkung des Lichtes werden bekanntlich Chromgelatinemischungen unlöslich; sie besitzen alsdann die merkwürdige Eigenschaft, Fettfarben anzuziehen und in dem Verhältniss festzuhalten, als das Licht auf die Chromgelatineschicht gewirkt hat. Auf dieser Grundlage beruhen fast alle neueren phototypischen Prozesse.

a) PHOTOLITHOGRAPHIE UND PHOTOZINKOGRAPHIE.

Die einfachsten, wie billigsten Methoden für Reproduktionen linearer Federzeichnungen, von Kupferstichen und Holzschnitten, sind gegenwärtig die Photolitho- und Zinkographie, welche auf Einschwärzung und Umdruck des auf präparirtem Gelatinepapier gefertigten Lichtbildes basiren. Zur Empfindlichmachung des Papiers dient eine Lösung von doppelchromsaurem Kali oder doppelchromsaurem Ammonik, mit Zusatz von Spiritus, in welche Flüssigkeit man den Bogen, mit der zu präparirenden Seite nach oben gewendet, so lange untertaucht, bis das Papier eine gleichmässige Geschmeidigkeit erlangt hat. Ist hierauf das derart behandelte, sodann im Dunkeln aufgehängte Papier vollkommen getrocknet, so presst man es mit seiner lichtempfindlichen Schicht fest gegen ein möglichst kontrastreich gefertigtes Negativ und exponirt so lange in zerstreutem Tageslichte, bis beim Oeffnen des Kopirrahmens ein kräftiges, braunes Bild ersichtlich ist. Hierauf wird der belichtete Bogen für einige Sekunden in reines kaltes Wasser getaucht. Nach Abtropfen desselben breitet man das Papier, die Bildseite nach oben, auf eine starke Glas- oder Steinplatte, um das noch anhaftende Wasser mittels einiger Blätter Seidenpapier wegzusaugen. Als weitere Behandlung folgt die Einschwärzung; vermittelst einer mit Ueberdruckfarbe geschwärzten Tuchwalze wird das kaum sichtbare Bild befahren, welches nun, insofern alle vorherigen Manipulationen richtig stattfanden, scharf und kräftig hervortreten muss. Nochmals wird das etwa noch im Papiere befindliche freie Chromsalz in kaltem Wasser ausgewaschen, wozu ein etwa halbstündiges, mehrmals gewechseltes Bad genügt. Hierauf breitet man den Bogen abermals auf die indessen wohlgereinigte Glas- oder Steinunterlage, um tonige Farbflecken vermittelst eines feuchten Flanellballens vollkommen klar auszutupfen. Nach nochmaliger Auswässerung wird das Bild wieder getrocknet und dann so lange zwischen reines gefeuchtetes Papier gelegt, bis es die zum Ueberdruck erforderliche Geschmeidigkeit erlangt hat. Die Art des

Ueberdruckens ist den bei einer gewöhnlichen Lithographie üblichen Methoden durchaus analog.*)

Wie wir schon Band I, Seite 11 unseres Werkes erwähnten, können auch mittels Asphalt photolitho- und metallographische Reproduktionen von überraschender Schönheit dargestellt werden, doch scheinen diese von N. Nièpce zuerst benützten photochemischen Mittel der langen Belichtungsdauer und anderer Umständlichkeiten wegen neuerdings immer seltener zur Anwendung zu gelangen. — Trotzdem wollen wir nicht versäumen, auch diesem Verfahren einige Worte zu widmen. Schwarzer syrischer Asphalt von schönster Schwärze mit muschlig glänzendem Bruch, wird zunächst fein pulverisirt, dann in gutem Terpentinöl gelöst mit etwas Chloroform bis zur Kollodionkonsistenz verdünnt und auf eine wohlgereinigte Stein- oder Metallplatte gegossen. Das Trocknen des Aufgusses erfordert einen ziemlich warmen, jedoch luftigen und staubfreien Raum. Die Belichtung der vollkommen gleichmässig aufgetrockneten Schicht unter einem gewöhnlich vom Glase abgelösten Negativ oder Positiv (vgl. Band II, Seite 345) nimmt durchschnittlich 1 bis 2 Tage in Anspruch. Zur Entwicklung des Lichtbildes verwendet man eine Mischung von Terpentin- und Leinöl, sowie nachträglich stark verdünnte Seifenlösung und weiches Wasser. Ein auf Stein gefertigtes Asphaltbild kann ganz wie eine mit chemischer Tusche dargestellte Federzeichnung geätzt und zum Druck gebracht werden. Als Aetzmittel für in dieser Weise präparirte Kupferplatten wird Dr. R. Böttger's Chlorätze, sowie verdünntes Eisenchlorür, für Zink verdünnte Salpetersäure empfohlen.

Die lithographische Presse, welche für Phototypie und Photolithographie zu verwenden ist, beruht auf dem Prinzip der Wirkung einer reibenden Kante, wie eine solche schon Sennefelder, der geniale Erfinder des Steindruckes, benutzt hat. Der Stein hat auf einem schlittenartigen Rahmen einen Hin- und Hergang zu machen, um durch den Druck des Reibers einen Abdruck zu geben. Ist der Stein mit einem feuchten Schwamme überfahren, die Zeichnung eingeschwärzt, und das zu bedruckende Papierblatt aufgelegt, so wird ein mit Leder bezogener Deckel übergeschlagen, der hebelförmige Reiber, nach Anspannung der Oberlage aufgesetzt und der Stein durch-

*) Näheres hierüber bieten die Handbücher: Das Gesammtgebiet des Steindrucks von Heinr. Weishaupt, Weimar 1875; das Gesammtgebiet des Lichtdrucks, der Photolitho- und Zinkographie von J. Husnik 2. Auflage, Wien bei A. Hartleben. 1880.

gezogen. Nach dem Durchziehen wird der Reiber gelüftet, der Abdruck herausgenommen, der Stein für den folgenden Abdruck gefeuchtet, geschwärzt und obiges Druckverfahren wiederholt. Empfehlenswerth ist die Handpresse von Sutter in Berlin.

Was die Bezugsquelle der lithographischen Steine anlangt, so ist Solenhofen in Bayern derjenige Ort, welcher das geeignetste Material zu obigem Zwecke liefert. Doch nur aus kohlensauerem Kalk bestehende Steine eignen sich zur Verwendung, deren Tauglichkeit sich durch feine Porosität der Masse, sowie durch eine chemische Eigenschaft des Kalkes auszeichnet, Stoffe aufzusaugen, und rasch mit denselben chemische Verbindungen einzugehen. Ausserdem ist die gute Beschaffenheit der lithographischen Farben eine Hauptbedingung des Erfolges. Die Stifte zum Zeichnen bestehen der Hauptsache nach aus Russ, Wachs, Talg und Seife, die lithographische Tinte aus feiner Tusche, mit welcher ein an ein Alkali chemisch gebundener Fettstoff verseift ist. In gleicher Weise muss die Farbe beschaffen sein, mit welcher die auf photographischem Wege erzielten Stein-, Zink- oder Kupferbilder zum Drucke einzureiben sind. Der Stein wird geätzt, indem die aufgegossene verdünnte Säure sich mit dem Kalk verbindet. Die gezeichneten Stellen erhalten alsdann die Eigenschaft, begierig die fette Farbe anzuziehen, welche mittels Leimwalzen, Lederwalzen oder Tampons auf den präparirten Stein aufgetragen wird. Um die von Zeichnung freien Theile vor Beschmutzung zu schützen, bestreicht man den Stein mit einer dünnen Gummilösung, welche man auch schon der verdünnten Säure zusetzen kann. Der Gummi zieht sich ziemlich tief in die Poren des Steines hinein und widersteht dadurch der letztere bei dem Aufbewahren einer allmähligen Verwitterung.

Um mehrere gleichartige lithographische Bilder auf einem Steine darzustellen, druckt man einige Abbildungen auf gelatinirtes oder gummirtes ungeleimtes Papier ab und presst mehrere derartige Abdrücke auf einen gut gereinigten Stein neben einander; dieser wird die Bilder annehmen und festhalten. Das befeuchtete Gelatin- oder Gummipapier kann man mit Leichtigkeit abziehen und die neben einander gestellten Bilder einätzen und druckfertig machen, um auf diese Weise die Abdrücke in grossen Massen darzustellen.

Alle anderen aus der Photolithographie hervorgegangenen phototypischen Prozesse beruhen auf der schweren Löslichkeit verschiedener vom Lichte getroffener organischer Substanzen. Die photographischen Druckmethoden von Poitevin, Asser, Woodbury, Joubert, Talbot, Obernetter und Albert lassen sich auf ein und dasselbe

Prinzip der Verwendung von Gelatine und Kalibichromat zurückführen. Betrachten wir nun die heute gebräuchlichsten drei Methoden, die Poitevin'sche, wie diejenige Woodbury's und Albert's.

Poitevin überzieht einen lithographischen Stein mit einer Mischung von doppeltchromsauerem Kali und Albumin, exponirt unter einem Negativ und wäscht die löslich gebliebenen Theile mit Wasser ab. Die Zeichnung nimmt fette Tinte an allen vom Lichte getroffenen Stellen an und liefert ähnliche Abdrücke wie diejenigen sind, welche nach oben schon erwähnten Methoden erzielt werden.

b) WOODBURY'S RELIEFDRUCK.

Woodbury, dessen Verfahren in England und Frankreich patentirt und von glänzendem Erfolge gekrönt ist, liefert ausgezeichnet schöne Bilder. Nach zuverlässiger Mittheilung geschieht die Herstellung des Reliefs und der Abdrücke folgendermassen:

Eine mittels feingepudertem Talk leicht überpinselte und wieder rein abgestaubte Glasplatte wird zunächst mit einer dünnen Schicht von Lederkollodion bedeckt, dann auf dem genau horizontal gerichteten Nivellirgestell mit einer heissen Lösung von Nelson's Ambra-Gelatine und doppeltchromsauerem Kali mit Zusatz von etwas chinesischer Tusche übergossen. Ist diese Schicht vollkommen trocken, so hebt man sie vorsichtig vom Glase ab und exponirt sie unter einem Negativ, bis man ein schwaches Bild in der Gelatineschicht zu erkennen vermag. Goupil & Co. in Paris verwenden zum Belichten das Licht einer dynamoelektrischen Maschine (vgl. Bd I, S. 136—144), welche durch eine Dampfmaschine von 6 Pferdekräften in Bewegung gesetzt wird und ein chemisch sehr wirksames Licht erzeugt; dasselbe entsteht zwischen zwei Kohlenspitzen und kann man durch dasselbe 8 grosse Kopirrahmen zu gleicher Zeit bei einer Expositionszeit von 4—6 Stunden belichten.

Das genügend belichtete Gelatineblatt presst man auf eine mit Kautschuklösung überzogene Glasplatte und legt dieselbe in ein warmes, oft zu erneuerndes Wasserbad; nach circa 24 Stunden hat sich ein Reliefbild entwickelt; dasselbe wird, nachdem es in einem Alkoholbade gehärtet und von der Glasplatte gelöst ist, in weiches Schriftmetall abgeformt. Zu diesem Behufe bedeckt man das gehärtete Gelatinebild mit einer weichen, aus Blei und Antimon gegossenen Platte und presst mittels einer hydraulischen Presse durch schnellen, sehr starken Druck die Gelatineform in das Antimonblei; dieser Metallguss wird unter eine zweite Presse, die nach Art der Briefkopirmaschinen

eingerichtet ist, gebracht; man bestreicht ihn mit feinem Oele und giesst eine gut filtrirte heisse Gelatinfarbe aus einer weithalsigen Flasche auf das Cliché, legt rasch ein wasserdichtes Blatt Lackpapier darüber und schliesst den Pressendeckel. Das gepresste Gelatinebild haftet an dem Lackpapier, wird, wenn etwas abgekühlt, herausgenommen und nach vollständigem Trocknen durch Gerbung mit Alaun fixirt. Zur Darstellung grösserer Auflagen dient ein runder, drehbarer Pressentisch, an welchem ein Arbeiter eine grössere Anzahl Pressen zugleich bedienen kann; dieser dreht die runde Tischplatte stets ein Stück weiter, um nach und nach alle Pressen zu seinen Händen zu bringen.

Die Firma Goupil & Co. in Paris hat dieses leistungsfähige Verfahren seit 1869 vom Erfinder angekauft und zu erstaunlicher Vollkommenheit gefördert.

Eine neuere Erfindung Woodbury's schliesst zwar für kleinere Bildformate die Anwendung der nur mit grossen Unkosten zu beschaffenden hydraulischen Presse aus, scheint sich indess für den praktischen Betrieb noch nicht genügend zu bewähren.

c) DER UNVERÄNDERLICHE LICHTDRUCK.

Der im Jahre 1869 von dem verstorbenen Hofphotographen Josef Albert in München erfundene photographische Pressendruck hat in den jüngsten Jahren durch die bedeutende Vervollkommnung, deren sich diese Erfindung zu erfreuen hatte, eine allgemeine Anerkennung und vielseitige Anwendung gefunden. Die unter den Namen „Albertotypien", „Phototypien" oder „Lichtdrucke" bekannt gewordenen Leistungen des genannten Künstlers riefen schon bei ihrem ersten Erscheinen eine grosse Bewunderung hervor, und wenn auch ziemlich gleichzeitig mit Albert sich noch zwei Künstler zu München, Obernetter und Gemoser, mit der Lösung des betreffenden Problems befassten und auch in ihrer Art zum Ziele gelangten, so müssen wir dennoch Albert die Priorität der Erfindung zuerkennen, da er zuerst damit in die Oeffentlichkeit getreten ist.

Das phototypische Bild wird von einer Spiegelglasscheibe, welche einen doppelten Chromgelatineüberzug trägt, abgedruckt, nachdem dieselbe folgenden, neuerdings sehr vereinfachten Prozeduren unterzogen worden ist: Die rein geputzte oder mit Schmirgel mattgeschliffene Platte wird zuerst mit einer Unterschicht begossen, die aus 20 Theilen gut geschlagenem Eiweiss, 6 Theilen fein pulverisirtem doppeltchromsaurem Kali, gelöst in 200 Theilen Wasser, besteht. Man setzt dazu gerade so viel Salmiakgeist bis die Lösung eine hellgelbe Fär-

bung angenommen hat. Dieselbe hält sich in gut verkorkter Flasche an einem kühlen dunkeln Orte etwa zwei Wochen.

Ist eine Platte mit dieser Lösung, welche man zwei- bis dreimal übergiessen und an den Rändern ablaufen lassen kann, gleichmässig bedeckt, so legt man sie auf das bereits genau gerichtete Nivellirgestell in den Trockenschrank, woselbst die Schicht bei 30° R. in ungefähr einer halben Stunde trocknet. Alsdann wird die Platte mit der präparirten Seite auf ein mit schwarzem Tuch überzogenes Brett gelegt und einer kurzen Expositon in zerstreutem Lichte ausgesetzt, wonach sie in lauwarmem Wasser gewaschen wird. Hierbei darf sich nur noch eine sehr geringe Löslichkeit der Präparate erweisen, die jedoch genügt, um mit der folgenden Schicht eine innige Verbindung erzielen zu können. Man lässt nun den Ueberfluss des Waschwassers von der Platte abtropfen, legt dieselbe auf die gespreizten Finger der linken Hand und giesst sogleich die zweite Präparation auf, die wie folgt zubereitet wird:

3 Theile chemisch reine Gelatine,
1 „ doppeltchromsaures Kali,
45 „ destillirtes Wasser,

wozu, nach langsamer Lösung im Wasserbade, noch so vie Salmiakgeist gegeben wird, bis eine strohgelbe Färbung entstanden ist.

Ist dieser Aufguss, wie der erste, recht gleichmässig gelungen, so wird er bei 45° R. auf dem Nivellirgestell getrocknet. Zur späteren Belichtung der Doppelschicht unter dem möglichst fest angepressten Negative bedient man sich am besten eines Photometers, dergleichen verschiedener Konstruktion Band I, Seite 90—96, sowie in Eder's Handbuch der Photographie, Band I, Seite 150—206 beschrieben sind. Die genügend belichtete Platte, muss womöglich sogleich ausgewaschen werden, da andernfalls noch im dunkeln Raume eine weitere Verstärkung der vom Licht getroffenen Stellen eintreten würde. Das Waschwasser wird im Verlaufe einiger Stunden etwa viermal ersetzt, bis die Platte, in der Durchsicht betrachtet, die möglichste Klarheit erlangt hat, wonach man sie in mässig erwärmtem Raume freiwillig trocknen lässt. Um sie später für den Druck zu präpariren, wird die Schicht aufs Neue in einem Bade von Wasser, Glycerin und salpetersaurer Magnesia durchfeuchtet, dann mit einem zarten Schwamme abgewischt und mit einer Flanellwalze so weit trocken gerollt, dass man in der Presse einen blinden Abzug auf weiches Kupferdruckpapier davon fertigen kann. Jetzt erst beginnt man mit Einwalzen des Lichtbildes vermittelst einer zarten Lederwalze und besonders fein

zubereiteter Farbe, welch letztere in bester Qualität und von verschiedener Nuancirung im Handelsverkehr z. B. bei Romain Talbot in Berlin, Kast & Ehinger in Stuttgart u. A. erhältlich ist.

Zum Druck können Pressen von verschiedenartigster Konstruktion, hauptsächlich nach Art der lithographischen, sowie auch der Schnellpressen Verwendung finden. In letzterer Hinsicht haben sich namentdie von Faber & Schleicher für Hand- und Dampfbetrieb eingeführten Maschinen als äusserst zweckdienlich erwiesen.

Ganz Vorzügliches im Schnellpressenlichtdruck leisteten in neuerer Zeit ausser J. Albert und J. B. Obernetter in München, Römmler &

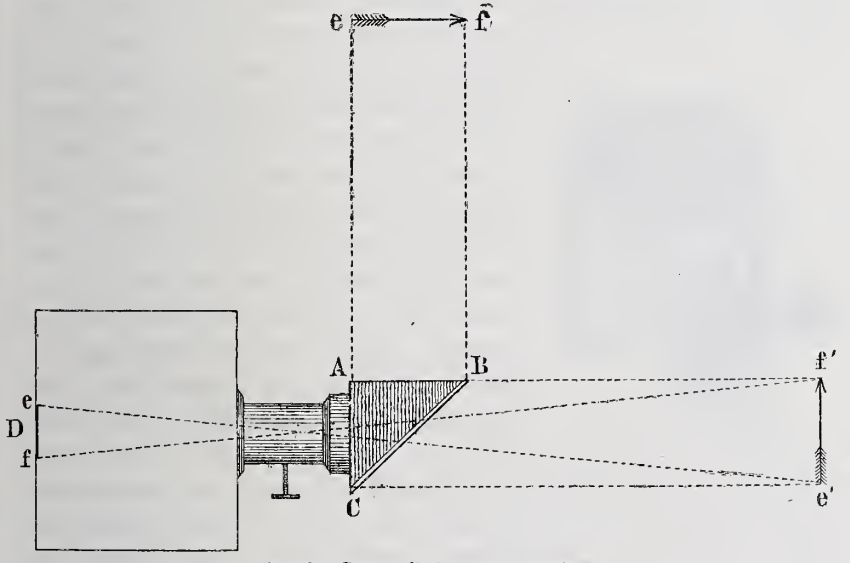


Fig. 161. Steinheil's Umkehrungsprisma.

Jonas in Dresden, die frühere Firma Brauneck in Mainz (vgl. Band I Tafel III bis IV), Schober & Beckmann in Karlsruhe, Kühl & Co. in Frankfurt a. M. und viele andere.

Der durch seine mannigfachen werthvollen Erfindungen, sowie durch ausgezeichnet schöne Leistungen im Lichtdruck, berühmte Künstler Obernetter in München benutzte in allen Fällen, wo es sich mehr um Qualität als Quantität der Erzeugnisse handelte nur den Handpressendruck. Obernetter ist leider, als ein Opfer seines Fleisses, im Frühjahre 1887 einem Herzleiden erlegen.

Noch ist hervorzuheben, dass für Anfertigung von Lichtdruckplatten die Negative in richtiger Bildstellung anzufertigen sind. Um solche zu erzielen, kann die kollodionirte Platte entweder schon bei

der Aufnahme des betreffenden Gegenstandes umgekehrt in die Kassette gelegt und durch das, natürlich sehr rein gewischte Glas belichtet werden, oder die Kollodiumhaut wird nach der auf gewöhnlichem Wege gefertigten Aufnahme mittels einer aus Gelatine, Glycerin und etwas Zucker bestehenden Lösung begossen, auf dem Nivellirgestell getrocknet, dann an den Rändern umschnitten und vom Glase abgehoben, um im Kopirrahmen mit der Kollodionseite auf die Chromgelatineschicht gepresst zu werden.

Zur Vermeidung solcher Umständlichkeiten ersann der vortreffliche Optiker Dr. A. Steinheil in München ein spiegelndes Umkehrungsprisma, welches mit jedwedem Objektive in Verbindung gebracht, allerdings bei einiger Verlängerung der Belichtungsdauer, die Möglichkeit gewährt, photographische Bilder direkt in der erforderlichen Stellung aufzunehmen.

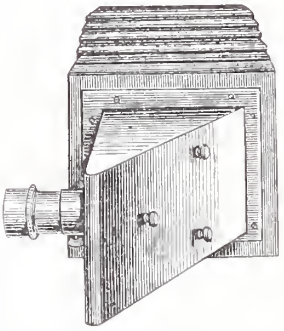


Fig. 362.
Talbot's Negativ-Umkehrungsapparat.

Die Steinheil'sche Umkehrungsmethode ist Seite 405 dargestellt. Wenn auf das Prisma ABC Licht gelangt und die Fläche AB senkrecht von den Strahlen getroffen wird, so treten dieselben, ohne gebrochen zu werden, in das Glas ein, werden jedoch an der Hypothenusenfläche BC, welche mit Silber belegt ist, reflektirt und treten durch die Fläche AC ungebrochen wiederum hindurch; steht hinter der Fläche AC ein Objektiv, so wird das aus dem Prisma kommende Licht zu einem Bilde vereinigt, bei welchem Rechts in Links umgekehrt ist; oder mit anderen Worten, es wird das umgekehrte Spiegelbild $e'f'$ der Prismenfläche BC auf der matten Scheibe D durch abermalige Umkehr mittels des Objektivs in denselben Lagenverhältnissen, wie im Originale bei ef, erscheinen, jedoch müssen die Ecken der Katheten des Prismas zur Verhütung schräg einfallender, ein Doppelbild veranlassender Lichtbüschel auf das Sorgfältigste abgeblendet werden. Dasselbe Ziel wird übrigens auch mittels eines grossen Metallplanspiegels erreicht, welchen man in einem Winkel von 45^0 zu den aufzunehmenden Gegenständen aufstellt; die Einstellung wird dann gegen das Spiegelbild vorgenommen und auf die übliche Weise manipulirt.

Eine an die Kamera schon fertig montirte Spiegelvorrichtung wird für die oben erwähnten Zwecke von Romain Talbot unter dem Namen „Negativumkehrungsapparat" verkauft. An einer gewöhnlichen

Kamera sitzt vorn entweder ein grosses Prisma oder ein prismenförmiger Holzkasten, an dessen Hypothenusenfläche innen ein Spiegel mittels der aussen ersichtlichen Schrauben befestigt ist. Die Schrauben können auch zum Reguliren der Spiegelstellung dienen. (Fig. 362).

d) DER AUBELDRUCK UND DER NEGATIVDRUCK.

Ein nicht geringes Aufsehen erregten 1875 die ersten Proben des sogenonnten Aubeldrucks (Firma Aubel & Kaiser, Lindenhöhe bei Köln). Der verstorbene Erfinder Karl Aubel leistete mit seiner Methode Vortreffliches. Heute hat solche wenig Bedeutung mehr.

Ein mit Hilfe des Lichtes erhaltenes photographisches Negativ wird beim Aubeldruck sofort direkt in eine harte Platte verwandelt, welche den Ueberdruck auf Stein, die Uebertragung auf Holz für den Xylographen, oder den Umdruck auf Zink etc. gestattet. Nach der Meinung des Erfinders sollte der Aubeldruck als das korrekteste und billigste Verfahren für die Darstellung linearer Minimalverhältnisse und insbesondere für Anfertigung von Banknoten etc. grosser Zukunft entgegen gehen. Alle Originalzeichnungen in Kreide, Feder, Bleistift etc. sollten ohne jede Vermittelung des Metallgraveurs oder Lithographen in höchster Schärfe und mit genauer Wiedergabe ihres besonderen Charakters auf den Stein übertragen und von demselben gedruckt werden etc. Aubel wollte von vornherein die Methode, der bis zu seinem Auftreten viel gebräuchlichen Photolithographie, als unbrauchbar für zarte Darstellungen erkannt haben, demgemäss er das System des Belichtens der Steine, die Prozeduren mit Asphalt und Gelatine verwarf und nur sein selbsterfundenes Verfahren als das direkteste, kürzeste, und billigste anerkannte.

Wiewohl es nun hinlänglich erwiesen ist, dass Aubel wirklich im Stande war, lineare Reproduktionen in überraschend kurzer Frist und zu sehr billigem Preise darzustellen, so scheint es doch bisher nicht gelungen zu sein, eine der angeblich direkt stahlhart dargestellten photographischen Platten sehen und prüfen zu dürfen.

Auffällig ist es übrigens, dass zwischen den Leistungen des Aubeldrucks und denen eines anderen — als „Druck direkt vom Negativ“ bezeichneten — Verfahrens eine sehr charakteristische Aehnlichkeit besteht. Direkter Druck vom Negative wird nämlich sowohl in der Kaiserlich Deutschen Reichsdruckerei in Berlin, im militär-geographischen Institut zu Wien, sowie in der Expedition zur Anfertigung der Staatspapiere in St. Petersburg mit eminenter Sicherheit ausgeübt und boten die uns vorgelegten Proben, bei grosser Kraft

der Schattenlinien, in den lichteren Parthien dieselbe stahlstichartige Feinheit, die wir an manchen Aubeldrucken bewundern mussten. Indessen ergab sich aus einem Schreiben des verdienstvollen Direktors der deutschen Reichsdruckerei, des Herrn Geheimrath Busse, an den Verein zur Förderung der Photographie in Berlin (Sitzungsbericht vom 19. Oktober 1877), dass „der Druck direkt vom Negative" in der That nur eine geschickte Modifikation des Lichtdrucks ist. Das Negativ wird nach jener Mittheilung auf eine geeiweisste dicke Spiegelglas-Platte gefertigt und mit einer dünnen Lösung von Chromgelatine bedeckt, die man, nach dem Trocknen, auf schwarzes Tuch gelegt, von der Rückseite des Glases, somit durch das Negativ hindurch, kräftig belichtet.

Alsdann wird das löslich gebliebene Chromsalz mit kaltem Wasser ausgewaschen und die Platte mit feingeriebener Steindruckfarbe eingewalzt, wonach man allen störenden Ton, der sich allenfalls an verschiedenen Stellen des Bildes, mehr oder weniger stark, bemerklich macht, mittels einer Mischung aus Gummi arabicum und Galle fortätzt. Das vollkommen geklärte Bild kann fast in derselben Weise wie eine Lithographie ab- und nach Belieben auf Stein oder Metall übergedruckt werden.

e) DIE HELIOGRAPHIE AUF KUPFERPLATTEN.

Eine weitere Anwendung der Photographie auf die graphischen Künste ist uns durch die vermittelnde Benutzung der Galvanoplastik geboten. Seit Thomas Spencer im Jahre 1838 mit seinen durch die Kraft des galvanischen Stromes erzeugten Schriftformen an die Oeffentlichkeit getreten und Jacobi in Russland zu derselben Zeit zu gleichen Resultaten gelangt war, hat die Galvanoplastik eine allgemeine typographische Anwendung in dem Ersatze der Holzschnitte und der Reproduktion geätzter Kupferplatten erhalten. Der Künstler radirt in den Aetzgrund einer Platte die Zeichnung, von der dann auf galvanoplastischem Wege ein erhabener Abdruck genommen wird. — Was lag wohl näher, als eine Daguerre'sche Platte mittels des galvanischen Stromes in eine solche umzuwandeln, die durch die Typographie Abdrücke des Lichtbildes auf Papier geben kann? Wie Fizeau und Donné (s. Bd. I, S. 19) versucht hatten, die Daguerre'sche Platte direkt zu ätzen und abzudrucken, so benutzte Grove die galvanische Ablagerung des Kupfers, um die durch das Licht gebildete Daguerre'sche Platte zu erhöhen und galvanisch zu vervielfältigen. Er bediente sich der Platte als Anode, auf welche sich die Licht-

bilder galvanoplastisch in Kupfer absetzten. Die hellen Stellen des Daguerre'schen Bildes erschienen auf der Kupferplatte hell-fleischroth, die dunkeln Stellen erhielten eine tiefere Politur. Setzte man diesen galvanischen Abklatsch bei 60° R. Quecksilberdämpfen aus, so kam das Bild im feinsten Detail in allen Einzelheiten zum Vorschein und nach leichter Aetzung mittels Säuren war es möglich, einige Abdrücke in der Presse durch Einwalzen zu erzielen. —

Eine allgemeine praktische Verwendung der Galvanoplastik für die Photographie wurde erst nach Bekanntwerden der lichtempfindlichen Eigenschaften der Chromgelatine ermöglicht. In jetziger Zeit versteht man unter Photogalvanographie oder Heliographie die Kunst, von einer Leim-, Chromat-, Asphalt- oder Silber-Photographie einen galvanoplastischen Abdruck zu nehmen und solchen in eine druckfähige Kupferplatte umzuwandeln.

Fig. 363. Heliographie von Poitevin.
(Nach einem Kupferstiche.)

Als Erfinder dieser Methode sind ziemlich zu gleicher Zeit in Oesterreich Paul Pretsch, in Frankreich Poitevin aufgetreten. Diesen Experimentatoren folgte eine ganze Reihe von Nacherfindern: Nègre, Charnier, Placet etc. bis in neuerer Zeit Rousselon, der Direktor des Goupil'schen Kunstinstituts, Baldus, Dujardin und Amand Durand in Paris, Ringer und Werner in der deutschen Reichsdruckerei zu Berlin, G. Scamoni in der Expedition zur Anfertigung der Staatspapiere ir St. Petersburg, Mariot im Kais. Oesterr. militärisch-geographischen Institut, Adalb. Franz und Kliçk in Wien, die Kunst der Heliographie durch eine weitere Reihe von Erfindungen zu höchster Vollendung gebracht haben.

Das von Pretsch ersonnene Verfahren bestand darin, dass er eine Glasplatte mit einer Mischung von Leim, doppeltchromsauerem Kali und Jodsilber überzog, diese Schicht im Dunkeln trocknete, dann

unter einem gefirnissten Papierpositive belichtete und hierauf mit warmem Wasser entwickelte und galvanoplastisch abformte.

Auch das Goupil'sche Reproduktionsverfahren, welches hauptsächlich zur Anfertigung von Halbtonbildern dient, erforderte die galvanoplastische Abformung einer fein gekörnten Chromleimschicht, verblieb jedoch in seinem weiteren Bestande das Geheimniss sehr weniger Mitarbeiter, des Direktors des berühmten Goupil'schen Ateliers, Rousselon. — Baldus und Dujardin sind im Stande

Fig. 364. Heliographie nach Poitevin (nach einer Federzeichnung).

das in einer Chromgelatineschicht befindliche Halbtonbild auf gewalztes Kupfer zu übertragen und nach Aquatintamanier zu ätzen, doch verwenden dieselben für diverse Vorkommnisse, besonders für Herstellung von Buchdruckplatten, auch das früher beschriebene Asphaltverfahren etc. Ein auf Kupfer erzeugtes Asphaltbild kann in der Weise zur erhabenen Buchdruckplatte zugerichtet werden, dass man es mit den Polen einer Batterie in Verbindung gesetzt, in ein Bad von schwefelsaurem Kupferoxyd taucht, so dass sich, wenn die Platte am negativen Pole hängt eine Lage metallischen Kupfers als

Relief auf den vom Asphalt freien Stellen der Metallplatte ansetzt, wogegen sich die Platte, mit dem positiven Polende der Batterie verbunden, an jenen Stellen aushöhlt. Obgleich wir es hiermit versuchten eine möglichst verständige Erklärung des heliographischen Vorgangs zu bieten, so lässt sich doch annehmen, dass alle jene Künstler, welche wirklich Ausgezeichnetes in der Heliographie zu leisten vermögen noch manche, bis jetzt streng verschwiegene Mittel kennen, die sie vereinzelt oder kombinirt zur Anwendung zu bringen pflegen. Als sehr abweichend von den vordem geschilderten Methoden sei hier noch ein ganz eigenartiges Verfahren beschrieben, vermittelst dessen der geniale Georg Scamoni, Vorsteher der heliographischen Abtheilung der Expedition zur Anfertigung der Staatspapiere in St. Petersburg, Kupferdruckplatten von ausserordentlicher Schärfe erzielt. Nachdem derselbe ein tadelloses Silberpositiv auf möglichst

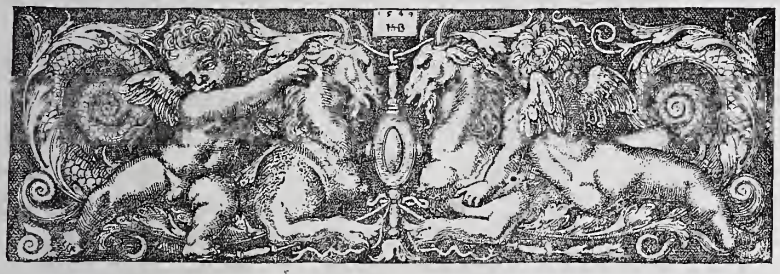


Fig. 365. Hochdruckplatte von Baldus.

horniges Kollodion dargestellt, benutzt er die Eigenschaft des gewonnenen Silberbildes Metallpartikel in statu nascenti anzuziehen und verleiht demselben hierdurch eine bedeutende Erhöhung. Zu diesem Zwecke wird das im fixirten Silberniederschlag in geringer Menge zurückgebliebene Jodsilber durch Aufguss einer verdünnten Jodkalilösung frei gemacht und alsdann, unter Einwirkung des Tageslichtes, solange mit salpetersaurer Silberlösung und Pyrogallussäure verstärkt, bis eine ziemlich auffällige Erhöhung des Bildes eintritt. Nun wäscht man die Platte mit amoniakalischem Wasser, um sie nachträglich mit gut filtrirter Quecksilberchloridlösung zu bedecken, die im Verlaufe einer halben Stunde öfter von neuem auf- und abgegossen wird. In den Zwischenpausen kann die Platte ruhig auf einem Nivellirgestell liegen. Hat das Bild zufolge jener Behandlung wiederum eine merkliche Erhöhung der Linien erlangt, so wäscht man es vorsichtig mit weichem Wasser und begiesst es noch nachträglich mit Platin- oder

Chlorgoldlösung, sowie mit eisenhaltigem Wasser und Pyrogallussäure, welch letztere sehr festigend auf die pulverigen Metallniederschläge einwirkt. Das Relief ist dann beendet und wird, nachdem man die Ränder des bisher noch straff gespannten Kollodionhäutchens ein wenig abstreifte, über der Spirituslampe getrocknet, wobei es durch eine geringe Zusammenziehung des Kollodions noch um ein merkliches höher getrieben wird. Die getrocknete Platte firnisst man hiernach, erst mit sehr dünnem Negativlack und dann mit noch dünnerer Benzin-Kautschuklösung, welch letztere nach dem Trocknen gerade noch so viel Klebrigkeit behalten muss, dass man sie unter Anwendung eines Wattenbäuschchens mittels feinstem Graphit abpoliren und für die galvanoplastische Abformung vorbereiten kann. Zu diesem Zwecke wird die Platte noch mit einem schmalen Wachs-Rand umgeben, der, nach dem Erstarren des mittels flachem Pinsel aufgetragenen flüssigen Wachses, ebenfalls zu graphitiren ist. Ist nach 3 bis 6 Tagen ein genügend dicker Kupferniederschlag erzielt, wird derselbe vorsichtig von der Glasplatte abgehoben, auf der Rückseite glattgefeilt und ringsum facettirt. Die Bildseite ist sodann noch mit kaustischem Kali und Benzin von anhängenden Fetttheilen zu reinigen und den Lichtstellen des Bildes die sorgfältigste Politur zu verleihen, welche für den Kupferdruck erforderlich ist.

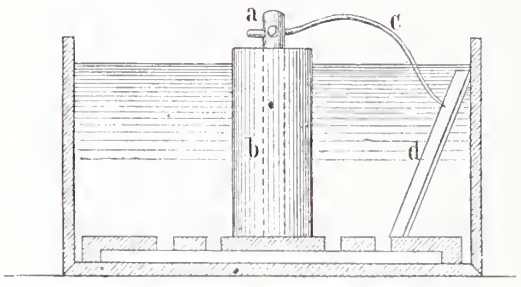


Fig. 366. Scamoni's galvanoplastischer Apparat.

Der von Scamoni zum Abformen heliographischer Reliefs angewandte galvanoplastische Apparat besteht aus einem $1^1/_4$ Meter langen, $^1/_2$ Meter breiten und ebenso tiefen, gut ausgepichten Holzkasten (Fig. 366), auf dessen Grunde ein durch Bleigewichte niedergehaltenes Lattengestell ruht, unter dem sich die allmählig in das Bad gelangenden Unreinigkeiten absetzen. In dem Kasten befindet sich das am oberen Ende mit dem zur Matrize *d* führenden Leitungsdrahte *c* in Verbindung stehende Zinkelement *a*, welches in dem schwefelsäurehaltigen Thoncylinder *b* sitzt. — Die Stärke der in dem Holzkasten befindlichen Kupfersolution soll stets auf 25% erhalten werden, zu welchem Behufe zwei in der Lösung hängende Zinkkästchen von Zeit zu Zeit mit frischen Kupfervitriolstücken angefüllt werden müssen.

Um heliographisch gefertigte Gelatinereliefs (Flächen von 40·60 Centimeter) und darüber im Zeitraum von wenigen Minuten, ohne Anwendung galvanischer Elemente, mit einem dünnen, fest zusammenhängenden Kupferniederschlag zu bedecken, bedient sich der oben genannte Künstler folgenden Verfahrens nach dessen eigner Mittheilung:

„Die Glas- oder Metallplatte, auf welcher sich das bereits gut graphitirte Gelatinebild befindet, wird auf ein Nivellirgestell gelegt und die ganze Oberfläche mit feinem Gusseisen-Feilpulver bedeckt. Diese Operation geschieht am besten mittels eines Drahtsiebs, wie man solche in lithographischen Anstalten zum Aufsieben des Sandes für Steinkörnung verwendet. (35 Oeffnungen auf den Quadratzoll).

Auf das gleichmässig vertheilte Eisenpulver lässt man sodann aus einem kräftig wirkenden Zerstäubungsapparat so lange konzentrirte Kupfervitriollösung einwirken, bis alle Eisentheilchen in schöner Kupferfärbung erscheinen. Alsdann betupft man die ganze Gelatinefläche noch mit einem von Kupfervitriollösung reichlich durchtränkten Wattenbausch, wonach unter einer kräftig wirkenden Brause der Ueberschuss des Eisenpulvers abgewaschen und die Platte sofort in den galvanoplastischen Apparat gebracht und mit der, je nach ihrem Flächenrande erforderlichen Anzahl von Elementen verbunden wird.

Hat man während dieser ganzen Operation darauf geachtet, dass die Plattenoberfläche an keiner Stelle trocken ward, so erfolgt der weitere Kupferniederschlag in grösster Regelmässigkeit und innigster Verbindung mit dem ausserhalb des Apparates gebildeten Kupferhäutchen. Wer es kennt, wie schwierig es im Allgemeinen ist, Gelatineflächen oder Formen rasch und gleichmässig mit Kupfer zu überziehen, wird vorstehendes Verfahren bald zu schätzen wissen.

Dasselbe kann auch auf andere graphitirte und mit schwacher Spirituslösung übergossene Materien wie: Guttapercha, Wachs, Schiefer, Holz etc. angewendet werden und scheint es mir wahrscheinlich, dass schon die alten Aegypter es verstanden, in einer ähnlichen Weise wie oben, den auf antiken Ziergeräthen nachgewiesenen dünnen Kupferüberzug herzustellen."

Ganz vorzügliche Resultate heliographischer Uebertragung nach der Natur aufgenommener Photographien für den Buchdruck erzielt man in der photographischen Abtheilung der Kaiserlichen Reichsdruckerei in Berlin. Unsere Fig. 367 giebt von dieser Methode ein vortreffliches Beispiel. Zur Darstellung derartiger Abbildungen dienen Heliotypien in Halbton, sogenannte Chalkotypien. Ein auf Gelatine-

Pigment-Papier kopirtes Bild wird auf eine fein gekörnte Kupfer- oder Messingplatte abgezogen; in einem grossen, $1\frac{1}{2}$ Meter im Quadrat haltenden Kasten, Staubkasten genannt, befindlicher Asphaltstaub wird mittels eines Blasebalges aufgewirbelt und in diesen Staubwirbel die das Bild tragende Kupferplatte gelegt. Der Asphalt lagert

Fig. 367. Heliotypie der Kais. Reichsdruckerei in Berlin. (Nach der Marmorsculptur der pergamon. Athena-Gruppe.)

sich auf den hohen Stellen des Bildes ab und wird durch Erwärmen mittels einer Gas- oder Spiritusflamme an dasselbe angeschmolzen. Das Aetzen, welches sehr vorsichtig mehrmals vorzunehmen ist, geschieht mittels Eisenchlorid und zwar mit stets schwächerer Lösung, welche zwischen 45 und 27 Grad Beaumé schwankt. Um die Platten

für Buchdruck geeignet zu machen, werden sie mit Wachsfarbe eingewalzt und mittels Eisenchlorid nachgeätzt. Der Druck solcher Clichés bedarf von Seiten des Buchdruckers besonderer Aufmerksamkeit. (Fig. 367 aus Eder's Jahrbuch 1887.)

f) DER AUTOTYPIE-DRUCK.

Um photographische Reproduktionen für den Buchdruck geeignet zu machen, d. h. solche so darzustellen, dass man sie wie die Lettern in den Satz einstellen könne und mittels Walzenfärbung zum Druck

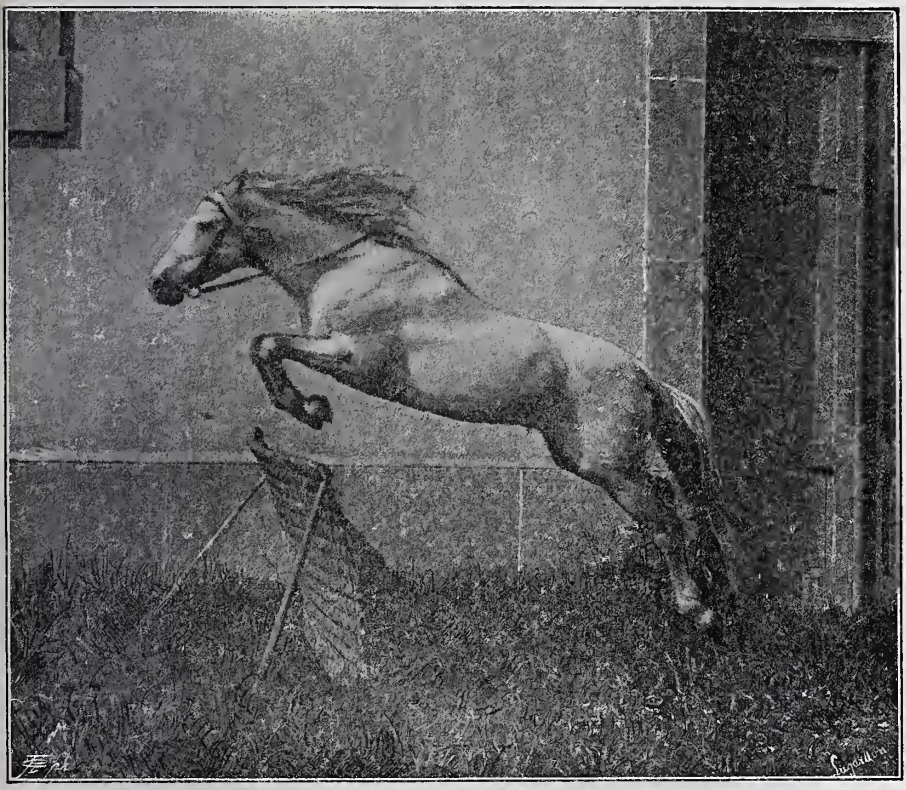


Fig. 368. Momentphotographie von Lugardon.

vorbereite, wurden in den jüngsten Jahren mannigfache Methoden empfohlen, jedoch hat sich ausser der heliographischen, die wir in Obigem besprochen, welche aber durch zu theuere Darstellung der Platten sich nicht in die Praxis einbürgern konnte, nur das von der Münchener Autotyp-Gesellschaft verwerthete Meisenbach'sche Hochdruckverfahren, sowie ein gleichwerthiges Verfahren der auf dem Gebiete der Reproduktionsphotographie berühmten Firma Angerer & Göschl

in Wien als praktisch erwiesen. Beide Verfahren sind sich ziemlich ähnlich und beruhen darauf, dass ohne vorherige Anfertigung einer Zeichnung die direkt nach der Natur aufgenommene Photographie

Fig. 369. Abfluß (Negativ von O. Anschütz.)

eines jeden Gegenstandes so auf eine hochgeätzte Zinkplatte übertragen werden kann, dass eine Vervielfältigung des Bildes auf der Buchdruckerpresse möglich ist. Es wird, um solche Hochdruckplatten zu erzielen, von einer, durch sich kreuzende Linien schraffirten Fläche

ein transparentes Negativ aufgenommen. Auf einer anderen ebenfalls transparenten Platte wird ein photographisches Positiv des zu reproduzirenden Gegenstandes gewonnen. Beide Platten werden mit der photographischen Schicht aufeinandergelegt und von dieser Kombination bei durchfallendem Lichte ein drittes Negativ erzeugt, auf welchem sich sowohl das Bild, als die schraffirte Platte abbilden. Während der Exposition wird die schraffiirte Platte bewegt, damit solche in Form von vielen Punkten auf dem gewonnenen Negative erscheine. Dieses Negativ wird alsdann nach einer der oben geschilderten Methoden mittels Lichteinwirkung auf eine hochpolirte, präparirte Zinkplatte übertragen und diese in bekannter Weise geätzt. Soll eine Tiefdruckplatte hergestellt werden, so muss statt des erwähnten Bildnegativs ein durchsichtiges Positivbild benuzt werden. Wir geben in Fig. 368 und 369 zwei Abbildungen (Eder's Momentphotographie entnommen), welche einen Beweis von der Leistungsfähigkeit dieses Verfahrens für den Buchdruck geben. Letztere Figur soll gleichzeitig einen Ersatz bieten für die den gleichen Gegenstand behandelnde missglückte Abbildung im ersten Bande dieses Werkes (Bd. I, Fig. 369, S. 380). Ebenso ist auf Tafel VIII im ersten Bande eine Lichtdruck-Reproduktion desselben Negativs und bieten demnach diese drei Abbildungen (Xylographie, Autotypie und Lichtdruck) des Gegenstandes Gelegenheit zur Vergleichung der mit jener Methode erzielten Resultate. Aber auch die Illustrationen zu unseren eigenen Negativen (Bd. I, Fig. 292 bis 295), welche äusserst schwierige uud feine mikroskopische Details zeigen (Bd. II, Fig. 108), geben einen Beweis von der Vortrefflichkeit der geschilderten Methoden. Wie vortheilhaft sich diese gerade von den sogenannten Photozinkotypien unterscheidet, geht aus einem Vergleiche mit den nach dem früheren photozinkographischen Systeme dargestellten Figuren 474 und 475 Band I auf das evidenteste hervor. Die beigegebene Tafel X veranschaulicht die Brauchbarkeit des Verfahrens von Angerer & Göschl in Wien.

6. DIE PHOTOXYLOGRAPHIE UND DIE PHOTOSKULPTUR.

Was die vielverheissenden Bezeichnungen „Photoxylographie“ und „Photoskulptur“ betrifft, so sind solche im Grunde genommen unmotivirt und unberechtigt. — In beiden Fällen ist es nicht das Licht, welches, wie bei den geschilderten Methoden, ohne erste Hülfe der Künstlerhand die Bilder darstellt, sondern es unterstützen die photo-

graphischen Abbildungen hier nur in geeigneter Weise die Thätigkeit des Künstlers.

a) DIE PHOTOXYLOGRAPHIE.

Aufgabe der Photoxylographie ist es, das photographische Bild auf den präparirten Holzstock zu übertragen oder auf demselben direkt mittels der Kamera aufzunehmen. Die Uebertragung kann in verschiedener Weise geschehen. Entweder man zieht von einem positiven Glasbilde das Kollodiumhäutchen unter angesäuertem Wasser ab und klebt solches mit der Bildseite nach unten auf einen mit Terpentinöl eingeriebenen Holzstock, lässt dasselbe gründlich auftrocknen, um es später wieder mit einem Bällchen in Aether getränkter Watte zu entfernen; das Kollodiumhäutchen löst sich auf, während das metallische Silberbild auf dem Holze haften bleibt und von dem Xylographen auf gewöhnliche Weise bearbeitet werden kann.

In der Uebertragung von Photographien auf Holz hatte Leth in Wien sich besonders bekannt gemacht (Fig. 370). Wiederum ist es die Chromgelatine, welche die Grundlage dieser Methode bildet. Eine wohlgeputzte Glastafel wird nämlich mit einer Mischung von:

2 Gramm doppeltchromsauerem Kali,
$1^1/_2$ „ Gummi arabicum,
3 „ Honig,
100 „ destillirtem Wasser

gleichmässig überzogen, rasch im dunkeln Raume getrocknet und unter einem Glaspositv in der Sonne 20 Sekunden bis 2 Minuten, im Schatten 3 Minuten bis 2 Stunden, je nach der herrschenden Lichtkraft, exponirt. Wieder in das Dunkelzimmer gebracht, wird das Bild mittels sogenannten Einstäubens entwickelt. Das gewählte Staubfarbenpulver wird mit einem breiten weichen Haarpinsel über die belichtete Fläche hin und her geführt, wobei das Pulver an den unbelichtet gebliebenen Stellen haften bleibt, während es über die belichteten Stellen hinweggleitet. Die hinlänglich entwickelte Bildplatte wird nun mit gewöhnlichem Roh-Kollodium übergossen, und nach Verdunstung des Aethers in einem stark mit Salpetersäure versetzten Wasserbade ($1NO_5$ auf 20 HO) vom Glase losgelöst. An dem Kollodiumhäutchen hängt nun das Staubbild, welches mit Leichtigkeit in einem mit Zuckerwasser (1 : 10) gefüllten Becken auf den Holzstock zu übertragen ist. Nach Trocknung des Häutchens wird dieses durch Alkoholäther entfernt, wodurch die Holzfaser sehr wenig in Mitleidenschaft gezogen wird. Genauigkeit der Zeichnung, sowie die Uebertragung

richtiger Lichteffekte verleiht den Holzschnitten mehr Halbtöne, was den Reiz guter Xylographien bedeutend erhöht. Besonders aber für die Reduktion grösserer linearer Zeichnungen, sowie für Abbildungen wissenschaftlicher Objekte ist die Methode der Uebertragung einer photographischen Kopie auf Holz von besonderem Werthe.

Fig. 370. Erzengel Michael. (Von dem Dürer'schen Holzschnitt nach der Leth'schen Methode auf Holz photographirt und geschnitten.)

Eine sehr einfache Methode, Photographien zu xylographischen Zwecken auf Holz zu übertragen, besteht auch darin, dass ein Holzstock mit einer weissen mit etwas Gelatine versetzten Grundfarbe von

Zink- oder Bleiweiss möglichst dünn überzogen, diese Fläche mit einer Lösung von:

6 Gramm Eiweiss,
4 „ Chlorammonium,
1 „ Citronensäure,
200 „ Wasser

übergossen und nach dem Trocknen derselben mit einer achtprozentigen Silberlösung bestrichen wird. Unter einem geeigneten Negativ wird dann in der Sonne exponirt und hierauf das Bild fixirt. Der minimale Gelatinegehalt der Grundfarbe verhindert eine Verbindung derselben mit den später auf sie einwirkenden Chemikalien.

b) DIE PHOTOSKULPTUR.

Unter diesem eigenthümlichen Ausdrucke versteht man die Benutzung der Photographie zur Anfertigung naturgetreuer Gipsfiguren und Büsten. Das Verfahren wurde eine Reihe von Jahren hindurch von Villème in Paris geübt. Wir geben aus der im Jahre 1868 erschienenen Schrift „Neueste Fortschritte und Erfahrungen auf dem Gesammtgebiete der Photographie“ von K. de Roth die folgende Beschreibung dieser merkwürdigen Verwendung der Photographie und zwar weniger, weil wir derselben irgend einen praktischen Werth beimessen, sondern um zu zeigen, in welch vielseitiger und eigenthümlicher Weise es möglich ist, photographische Bilder zu künstlerischen Zwecken auszunützen.

„Villème's Atelier, Avenue de Wagram 42, bestand aus einem kreisförmigen, mit einer Glaskuppel versehenen Salon von 10 Meter Durchmesser (Fig. 371). In der Mitte des Salons ist ein kleines Piedestal aus Holz angebracht, auf welches die aufzunehmende Person gestellt wird. Um sich zu überzeugen, dass sie sich gerade in der Mitte des Salons befindet, hängt vom Centrum der Glaskuppel ein Bleiloth herab, dessen Verlängerung durch das Centrum des Holzgestelles gehen würde. Die Mauer um das Atelier ist nur wenige Ellen hoch und dient als Stütze für den Eisenrahmen der Glaskuppel. In der Mauer befinden sich 24 kreisförmige Oeffnungen, durch welche eben so viele Objektive auf das Centrum des Salons gerichtet werden. Die Instrumente sind in einem Gange aufgestellt, der um den ganzen Salon geht und als Dunkelraum dient. Das kreisförmige Hochgestell, worauf die Person steht, hat ebenso wie der Salon 24 Abtheilungen, welche mit den 24 nummerirten Objektiven und Glasplatten korrespondiren, so dass keine Verwechselung der einzelnen

Aufnahmen entstehen kann. Mehrere Personen bereiten die Platten für die 24 Instrumente. Sobald die Platten in die Kassetten gelegt und in die Kamera gebracht sind, wird die aufzunehmende Person auf das Hochgestell geführt und auf ein gegebenes Zeichen werden alle Platten zugleich belichtet, indem durch eine besondere Vorrichtung alle Schieber auf einmal in die Höhe gezogen werden.

Auf ein zweites Zeichen schliessen sich alsdann alle Kassetten in gleicher Weise. So erhält man gleichzeitig 24 Aufnahmen, die alle von verschiedenen Gesichtspunkten aus geschehen. Diese Aufnahmen haben etwa die Grösse einer Visitenkarte, werden indess mittels einer einfachen Vorrichtung für die Photoskulptur vergrössert.

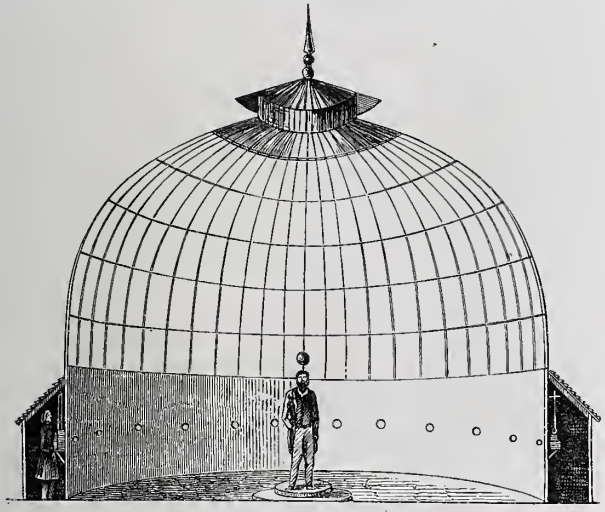


Fig. 371. Glassalon für die Photoskulptur.

Im Brennpunkte eines Hohlspiegels befindet sich nämlich eine mit einem Linsensysteme versehene Lampe (Fig. 372), eine Laterna magica, welche das kleine Bildchen in beliebiger Grösse auf eine transparente Wand wirft. Ein Storchschnabel (Pantograph) wird von zwei Arbeitern in der Weise geführt, dass der Eine das Ende des Pantographen auf den Konturen des Bildes der transparenten Wand, der Zweite das reproduzirende Ende auf eine cylindrisch geformte Thonmasse überträgt und den Thon in der Form jener Kontur ausschneidet; der Tohn befindet sich auf einem kreisrunden Fussgestell, welches gerade so abgetheilt und nummerirt ist, wie das Holzgestell, auf dem die betreffende Person gestanden ist und welches sich leicht um seine horizontale Achse drehen lässt. Sobald die erste Aufnahme auf den Thon übertragen

ist, wird die folgende in die Laterna magica geschoben, vergrössert, mittels des Pantographen geformt und so weiter, bis alle 24 Aufnahmen in den Thon übertragen sind. In allen Fällen wird die Anzahl der Bilder durch vier theilbar sein müssen, indem immer entsprechende Photographien hintereinander übertragen werden müssen, welche in einem Winkel von 90^0 aufgenommen wurden, z. B. zuerst die Vorderseite und das rechte Profil, dann die Rückseite und das

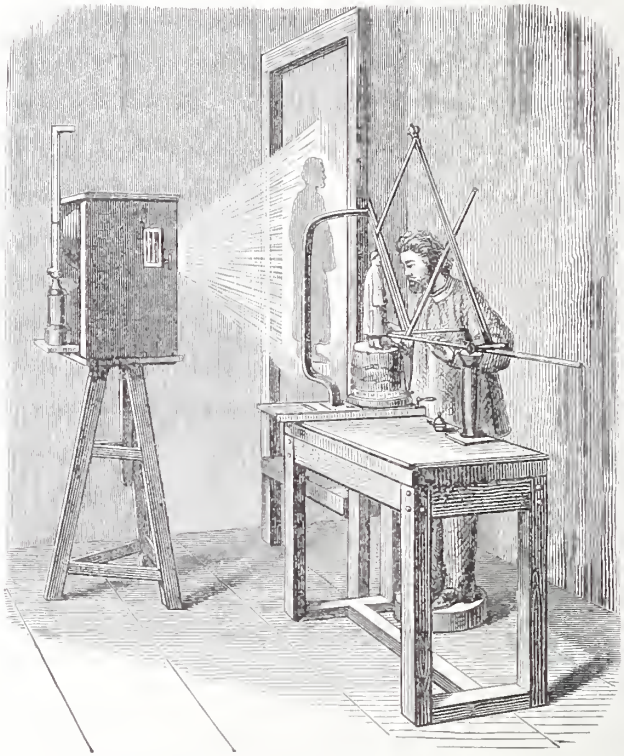


Fig. 372. Uebertragung des photogr. Bildes auf Thon.

linke Profil, worauf immer die nächsten entsprechenden vier Nachbarbilder auf dem Thon zu formen sind; sobald die 24 ursprünglichen Bilder konstruirt und modellirt, ist die Büste im Rohen fertig, bedarf aber noch der feineren Retouche. Nun werden abermals die einzelnen Bilder in ganz gleicher Reihenfolge revidirt, jedoch werden jetzt nicht blos die Umrisse, sondern besonders die Schatten- und Lichtparthien. die Gewandfalten und die feineren Konturen aufgesetzt; nach dieser Bearbeitung und einer darauf folgenden direkten Nachglättung und Ausgleichung kleiner Unebenheiten ist das Thonbild vollendet."

Diese Art mechanischer und automatischer Bildnerei, welche ausser in Paris durch Villème nur in Triest durch Benque gepflogen wurde, ist wohl in der Idee geistreich und hübsch, ist aber in der praktischen Ausführung hinter den sanguinischen Hoffnungen des Erfinders bedeutend zurückgeblieben; Licht- und Schatteneffekte, kleine Vertiefungen und Formdifferenzen in den Gesichtszügen, welche die Aehnlichkeit bedingen, lassen sich so nicht wiedergeben, wie denn auch die auf den Pariser Ausstellungen vorgelegten Resultate Villème's ihre elegante Ausführung offenbar mehr der Hand des nacharbeitenden Künstlers, als der Wirkung des Lichtes zu verdanken hatten.

7. FARBIGE PHOTOGRAPHIEN.

a) PHOTOGRAPHIE IN NATÜRLICHEN FARBEN.

Trotz der bedeutenden Fortschritte, welche die Lichtbildkunst in den jüngsten Jahren zu verzeichnen hatte und angesichts der glänzenden Resultate, welche in den mit der Photographie verwandten Fächern erreicht worden sind, konnte deren höchstes Problem bis jetzt nicht gelöst werden, nämlich die direkte Wiedergabe der natürlichen Farben durch eine photographische Aufnahme.

Seit der grosse Physiker Arago am 17. Januar 1839 in einer Sitzung der Akademie der Wissenschaften zu Paris der Welt die Kunde gebracht hatte, dass Louis Mandé Daguerre dahin gelangt sei, in 4—5 Minuten durch die Macht des Lichtes Bilder und Zeichnungen zu schaffen, welche mit mathematischer Genauigkeit und mit einer bis damals ungeahnten Zartheit die Natur in den feinsten Einzelheiten wiedergaben, strebten die Koryphäen der photographischen Kunst unermüdlich danach, durch Zusammenmischung der verschiedenartigsten lichtempfindlichen Chemikalien den Aufnahmeplatten die Eigenschaft zu ertheilen, im Bilde auch die natürlichen Farben durch Lichtwirkung wiederzugeben, ohne dass die Künstlerhand des Menschen dabei im Spiele sei.

Schon im zweiten Bande seiner Farbenlehre bringt Goethe eine, sich auf die Farbenphotographie beziehende Mittheilung des Dr. Seebeck aus Jena; derselbe liess (1810) das Spektrum eines fehlerfreien Prismas auf ein mit feuchtem Hornsilber bestrichenes Papier fallen und 15 bis 20 Minuten lang einwirken. Es fand sich alsdann das Papier durch das Violett des Spektrums etwas röthlichbraun gefärbt, im Blauen war es rein blau geworden, welche Farbe sich in das Grün erstreckte und hier heller wurde, während im

Gelben keine Veränderung, im rothen Lichte dagegen eine rosenrothe Farbe sich zeigte. Jenseit des Violett hatte sich das Hornsilber mehrere Zoll hinauf allmählig heller werdend, bläulich grau, jenseit des Roth eine beträchtliche Strecke hinab schwach röthlich gefärbt. Eine Bestätigung dieser Thatsachen verdanken wir John Herschel, welcher nachweist, dass ein im Sonnenlichte geschwärztes Chlorsilberpapier unter dem Einfluss der Strahlen des Spektrums die analogen Farben des letzteren annehme. Später stellte der französische Physiker Edmond Becquerel nicht nur das Sonnenspektrum, sondern auch die Abbildungen von Naturgegenständen auf einer Daguerreotypplatte in Farben her. Nach Becquerel's Vorschrift taucht man eine gut polirte Silberplatte in eine wässerige Lösung von Chlorwasserstoffsäure, um unter Einwirkung eines schwachen elektrischen Stromes eine Schicht violettröthlichen Silberchlorürs zu bilden. Die auf diese Weise präparirte Platte besitzt die Eigenschaft, die Farben des Sonnenspektrums bei entsprechender prismatischer Belichtung festzuhalten, aber im gemischten weissen Licht sich vollkommen zu schwärzen; mithin können die Farben nicht fixirt werden. Das Verfahren Becquerel's ist nur deshalb von Bedeutung, weil es die Möglichkeit einer photographischen Wiedergabe der Farben erschloss und zu weiteren Hoffnungen auf ergiebigere Resultate berechtigte.

An die Lösung des Problems der Photographie in natürlichen Farben haben sich im Laufe der jüngsten Decennien verschiedene in der photographischen Technik bewanderte Männer gewagt, neben dem Physiker Becquerel, der französische Offizier Niépce de St. Victor und der Chemiker Poitevin, beide letzteren durch bedeutende Erfindungen auf dem Gebiete der Photographie uns schon rühmlichst bekannt. Sie gingen von dem Grundsatze aus, dass man gewisse chemische Stoffe durch geeignete Beimischungen so eigenschaften müsse, dass sie durch die Einwirkung des Lichtes in Körper umgewandelt würden, welche nur bestimmte Strahlengattungen zurückwerfen und dadurch den Eindruck der natürlichen Farben auf das menschliche Auge hervorbrächten. Dieses ist nun auch in vielen Fällen gelungen, jedoch nur für die ganz bestimmt reinen Farben des sogenannten Sonnenspektrums, sowie für die Reproduktion von Bildern, welche in einfachen, jeder Nuance entbehrenden Tönen gemalt waren. Die nach solchen primitiven Originalen durch Lichtwirkung erzeugten Farbenbilder hielten sich nur im Dunkeln einige Zeit; sobald sie an das Tageslicht gebracht wurden, veränderten sie sofort ihre chemische Zusammensetzung und der Farbeneindruck auf das beob-

achtende Auge verschwand wieder. Bei der Präparation der von den genannten Forschern verwendeten lichtempfindlichen Flächen musste für jede einzelne Farbe ein ganz bestimmt präparirter, chemisch reiner Stoff Verwendung finden; denn liess man künstlich gemischten Farbstoff, z. B. ein aus Gelb und Blau hervorgegangenes Grün auf die lichtempfindliche Platte wirken, so erschien je nach der Natur der lichtempfindlichen chemischen Verbindung, die auf die Platte aufgetragen war, nur die gelbe oder die blaue Substanz der Farbenmischung im Bilde.

Niècpce hatte erkannt, dass die Färbung des Silberchlorürs in verschiedenen Abstufungen von der Konzentration und dem Lösungsverhältnisse des Chlors abhänge, mit anderen Worten, dass man diese oder jene Farbe durch Lichtwirkung erzeugen könne, wenn man die Quantität des aufgelösten Chlors mehre oder mindere. Bei ganz geringem Chlorgehalt entstehe die gelbe Farbe, bei verhältnissmässig steigendem Chlorgehalte Grün, Blau, Indigo, Violett, Roth und Orange, letztere beiden Farben nur bei stärkster Konzentration der Lösung. Weiter fand derselbe Forscher, dass gewisse metallische Chlorverbindungen, speziell aber das chlorsauere Kupferoxyd und das Eisenchlorid, die Farbenbildung bedeutend unterstützen. Um verschiedene Farben auf eine Platte zu reproduziren, tauchte Niècpce zuerst eine versilberte Kupferplatte 10 Minuten in eine Lösung von Eisenchlorür. Die nun mit Silberchlorür sich überziehende Schicht wurde gelinde erwärmt und unter einem farbigen Transparentbilde den Sonnenstrahlen ausgesetzt, wodurch sich die durchsichtigen Farben vollkommen reproduzirten, ohne jedoch fixirbar zu sein. — Weiter fand Niècpce de St. Victor eine Analogie zwischen der Farbe, welche ein Körper einer Alkoholflamme ertheilt und der Wirkung des Lichtes auf eine Silberplatte, die mit der entsprechenden Chlorverbindung jenes Körpers behandelt worden war. Purpurfarbe erzielte er durch Beimischung von Chlorkalium, eine gelbe Farbe durch Zusatz von Chlornatrium, Grün durch Beigabe von Borsäure, sowie durch Zusatz anderer Chlorverbindungen zu der in dem Bade befindlichen Kupferplatte. Auch gelang es Niècpce, seine Bilder auf die Dauer einiger Wochen durch einen Ueberzug von Benzoeharz haltbar zu machen, was Becquerel nicht zu erreichen vermocht hatte. Vielleicht würde es schliesslich Niècpce de St. Victor, wenn er die bedeutenden Fortschritte der Photographischen Technik mit erlebt hätte, gelungen sein, auf dem Gebiete der Photographie in natürlichen Farben zu einem für die Praxis brauchbaren Resultate zu gelangen, denn nach ihm auf

gleichem Gebiete arbeitende Forscher brachten es in der natürlichen Farbengebung kaum weiter, als jener bedeutende Förderer photographisher Technik.

Poitevin war im Stande, Farben auf lichtempfindlichem Papiere zu erzeugen. Auf gewöhnlichem Chlorsilber-Papiere erzeugte er nämlich durch mässige Belichtung eine schwach violette Lage von Silberchlorür; hierauf tauchte er das Papier in genauer Reihenfolge in eine gesättigte Lösung von doppeltchromsauerem Kali, dann schwefelsauerem Kupferoxyd, und endlich in eine Lösung von chlorsauerem Kali. Statt doppeltchromsaueren Kali's fand auch Chromsäure oder essigsaueres Uranoxyd Verwendung. Das auf diese Weise präparirte Papier liess er trocknen, worauf es unter transparenten Glasgemälden in 5 bis 10 Minuten die farbigen Töne des Originales annahm, welche in angesäuertem Wasser fixirt, bei Ausschluss heller Beleuchtung längere Zeit haltbar waren. Die bezügliche Erfahrung hat gelehrt, dass die unsichtbaren Strahlenarten des Lichtes, das Ultraroth und das Ultraviolett, die Wirkung der übrigen Spektralfarben für die photographische Farbenreproduktion beeinträchtigen. Um die chemische Wirkung dieser dem Auge unsichtbaren Strahlen auf die Farbenbilder zu neutralisiren, müssen bei Darstellung von Chromophotographien die Strahlen des Lichtes, ehe sie auf das präparirte Papier einwirken, eine fluoreszirende Flüssigkeit passiren, welche jene Strahlen erfahrungsgemäss absorbirt. Derartige Flüssigkeiten sind: schwefelsauere Chininlösung, rohes Petroleum, Kastanienrindenabsud, Chlorophyll u. a. m.

Die Einwirkung des spektralen Ultraroth, der intensiveren Wärmestrahlen, wird am besten durch vorheriges Erwärmen der Platten und Chemikalien unwirksam gemacht. Sind die genannten Vorsichtsmassregeln getroffen, so können farbige Bilder nach oben geschilderten Methoden erzielt werden. Die Erfahrung hat bis jetzt hinsichtlich der Wiedergabe der natürlichen Farben nur als positiv zu Tage gefördert, dass Chlor- und Bromverbindungen des Silbers, besonders violettes Silberchlorür, bei Absorption der unsichtbaren Theile des Spektrums die identischen Farben der übrigen Spektraltheile annehmen, während Jodsilberverbindungen unter gleichen Bedingungen für die komplementären Farben der einwirkenden farbigen Strahlen auf kurze Zeit empfindlich sind, was durch Zenker's Untersuchungen (1868) bestätigt wurde.

St. Florent hat im Jahre 1878 die Frage der Darstellung photographischer Bilder in natürlichen Farben, an die Resultate Poitevin's

anknüpfend, geprüft, jedoch auch diesem Autor gelang es nicht, die gewonnenen farbigen Bilder zu fixiren.

Nach den schwachen Resultaten der vorerwähnten Versuche ist es zwar, wie schon früher erwähnt, höchst unwahrscheinlich, aber nicht absolut undenkbar, dass einmal eine Mischung lichtempfindlicher chemischer Stoffe gefunden werde, welche auf die Einwirkung von Strahlen verschiedener Brechbarkeit mit einem farbigem Bilde, ähnlich wie die Netzhaut unseres Auges, antworte. Die betreffenden chemischen Stoffe müssten dann so geeigenschaftet sein, dass sie durch die von einem farbigen Gegenstande kommende Bestrahlung in ihren sogenannten Molekulen oder kleinsten Theilchen in dieselbe Molekular-Erzitterung versetzt würden, wie die Netzhautstäbchen im menschlichen Auge, und dass dieses momentane Erzittern aller in der Platte enthaltenen chemischen Einzeltheilchen im gleichen Augenblicke festgebannt und fixirt würde, so dass von der erfolgten veränderten Aneinanderlage der einzelnen Molekule perpetuirlich das Licht in jenen verschiedenartigsten Schwingungszahlen reflektirt würde, von welchen der Eindruck der Farben auf das Auge abhängig ist.

b) DER FARBEN-LICHTDRUCK.

Der verstorbene Hof-Photograph Josef Albert in München, einer der genialsten Photographen, die je gelebt, hat durch Verbindung des Lichtdrucks mit der Chromotypie oder dem Farbendruck das Problem, auf photographischem, rein physikalischem Wege die natürlichen Farben wiederzugeben, gelöst, wenn er auch nur auf einem weiten Umwege, nicht etwa durch wissenschaftliche Erörterung, sondern auf Grund seiner bedeutenden Erfahrung zum Ziele zu gelangen suchte. Albert stellte sich die Aufgabe, ähnlich wie dieses bei dem Öelfarbendrucke gehandhabt wird, photographische Lichtdruckplatten mit verschiedenen Farben einzuwalzen und auf ein und dasselbe Papier ineinander zu drucken, so dass der Gesammteindruck der eines vielfarbigen Bildes sei. Bei dem gewöhnlichen Oelfarbendruck nun wird so verfahren, dass für jede einzelne Farbennuance, welche in dem Bilde vorhanden sein soll, ein besonderer Lithographiestein hergerichtet wird, auf welchem immer alle übrigen im Bilde vorkommenden Farben abgedeckt sind. Durch das Ineinanderdrucken einer grösseren Anzahl solcher mit verschiedenen Farben eingewalzter Steine entsteht das dem Original entsprechende Bild. Mit den photographischen Lichtdruckplatten kann das nicht ebenso geschehen, da dieselben naturgetreu aufgenommen sind und man auf denselben keine

Lücken für bestimmte Farben aussparen oder abdecken kann. Albert kam nun auf die Idee, von einem und demselben vielfarbigen Gegenstande mehrere gleich grosse photographische Aufnahmen zu machen und die Aufnahme durch Anwendung farbiger Gläser zu beeinflussen. Wenn man nämlich irgend einen farbigen Gegenstand, z. B. ein Oelgemälde, durch ein rothes Glas betrachtet, so sieht man bekanntlich nur die rothen Farben, welche in dem Gemälde vorkommen. Alle anderen verschwinden. Ebenso verhält es sich mit der Anwendung von blauen, grünen und gelben Gläsern für die jeweiligen Farben des Gemäldes. Wenn man nun eine photographische Aufnahme eines mehrfarbigen Gegenstandes durch rothes Glas hindurch aufnimmt und die Aufnahmeplatte mit chemischen Stoffen imprägnirt, welche nur durch rothes Licht angegriffen werden (vgl. das orthochromatische Verfahren Seite 391), so wird von dem zu photographirenden Gegenstande nur der Theil auf die lichtempfindliche photographische Platte einwirken, welcher rothes Licht ausstrahlt; das Gleiche wird bei der Aufnahme desselben Bildes für die gelbe Farbe mittels einer gelben Glasplatte, und für die blaue Farbe mittels einer blauen Glasplatte der Fall sein. Albert machte nun drei photographische Aufnahmen irgend eines mehrfarbigen Gegenstandes, eine solche durch rothes, eine solche durch gelbes und eine solche durch blaues Glas auf seine mit verschiedenen lichtempfindlichen Substanzen behandelten Platten. Er erhielt auf diese Weise drei verschiedene farblose Original-Negative von vorzüglicher Schärfe und Tiefe, welche den einzelnen Farbennuancen durch regelmässige Abschattirung entsprachen. Auf dem einen Negativ sind nur diejenigen Konturen und Halbtöne des Originales wiedergegeben, welche rothe oder in's Röthliche spielende Farben besitzen, auf dem zweiten Negative nur diejenigen, welche gelbe, und auf dem dritten nur diejenigen, welche blaue Färbung im Originale hatten. Da alle zwischenliegenden Farbennuancen ihre natürliche Zusammenstellung aus roth, gelb und blau herstellen, so werden auch bei der photographischen Aufnahme durch die jeweiligen Farbengläser alle entsprechenden Theile der Mischfarben, welche der Farbe des transparenten Glases entsprechen, auf der empfindlichen Platte einen proportionalen Eindruck hervorbringen. Die grüne Pigmentfarbe z. B. ist eine Mischung von Gelb und Blau, die violette eine Mischung von Blau und Roth, die Orangefarbe eine solche von Roth und Gelb. Der gelbe Mischtheil des in dem Originale vorkommenden Orange lässt demnach bei der Aufnahme seinen Eindruck auf demjenigen Negative zurück, welches durch Vermittelung der gelben

Glasscheibe aufgenommen wurde, während die rothen Mischtheile des Orange die Chemikalien der rothen Platte beeinflussen. Ebenso verhält es sich mit Grün und Violett. Dort vertheilt sich der Eindruck des Grünen auf die durch Blau und Gelb, der Eindruck des Violetten auf die durch Blau und Roth vorgenommenen Aufnahmen. Ganz analog verhält es sich mit allen zwischenliegenden Farbennuancen, deren Mischungstheile ihren Eindruck ebenfalls auf die drei Aufnahmen vertheilen.

Unter Mischfarben versteht man bekanntlich in der Physik den Farbeneindruck, der durch das Zusammentreffen mehrerer einfachen farbigen Strahlen auf einer Stelle der Netzhaut des Auges hervorgebracht wird. Wenn man Scheiben schnell rotiren lässt, auf denen verschiedene farbige Papierstreifen aufgeklebt sind, und die Rotation der Scheiben schnell genug ist, so haftet der Eindruck der ersten Farbe noch im Auge, wenn der Eindruck der folgenden Farbe beim Drehen in das Auge gelangt. Diese verschiedenen Eindrücke bringen addirt den Eindruck einer optischen Mischfarbe hervor. Alle bekannten optischen Farben zusammen geben, auf eine rotirende Scheibe angebracht, den Eindruck von Weiss.

Wenn man aber statt farbiger Strahlen die verschiedenen entsprechenden körperlichen Farbstoffe, wie das bei dem Albert'schen Verfahren nöthig ist, mit einander mengt und die Mischung alsdann betrachtet, so entsteht keine Addition der Farben zu Weiss, sondern beim Zusammenmengen aller Farben gleichsam eine Subtraktion zu Schwarz, indem der eine Farbstoff einen Theil des auf ihn treffenden farbigen Lichtes verschluckt, einen anderen Theil reflektirt, den dann der zweite zugemischte Farbstoff wegnimmt, um einen dritten Theil der Farbenstrahlen des auf die Farbstoffe fallenden weissen Lichtes durchzulassen. Wird dieses Beimischungssystem fortgesetzt, so wird schliesslich alles Licht absorbirt, und es bleibt nur noch ein unbestimmt dunkler Eindruck für das Auge zurück. (Vgl. Seite 430.)

Kehren wir nun wieder zu dem Albert'schen photographischen Farbendruckverfahren zurück! Von den drei gewonnenen Negativen werden drei sogenannte Lichtdruckplatten angefertigt, die erste zum Einwalzen mit rother, die zweite zum Einwalzen mit gelber und die dritte zum Einwalzen mit blauer Lasurfarbe; die Wahl dieser Farben muss den reinen Tönen des Sonnenspektrums ganz genau entsprechen. Die drei mit Farben eingewalzten Platten werden nun, ganz wie dieses bei dem gewöhnlichen Farbendrucke geschieht, auf Papier übereinander gedruckt, nachdem der Drucker die Vorsicht gebraucht

hat, dass die Konturen der einzelnen Drucke genau aufeinander passen. Das Resultat des Druckes ist nun, dass die drei übereinander gedruckten Farben sich mit einiger Genauigkeit zu allen Mischfarben und Nuancen ergänzen, welche in dem Originale enthalten sind. Der Ton, die Tiefe und die Schatten in den Farben sind in einem auf dem geschilderten Wege gewonnenen Farbenbilde demnach eine Folge von, durch Lichtwirkung bedingten Naturprozessen, während einzig und allein, die richtige, spektralreine Mischung der Chemikalien und die Auswahl der farbigen Aufnahmegläser menschlichem Ermessen unterworfen ist.

Noch eine höchst interessante Thatsache ergiebt sich aus dem vielversprechenden Albert'schen Farbendruckverfahren. Wenn man nämlich nur von einer nicht durch Vermittelung farbiger Gläser gewonnenen Lichtdruckplatte hintereinander drei Abdrücke auf ein und dasselbe Papier, den ersten Abdruck mit blauer Farbe, den zweiten Abdruck mit rother Farbe und den dritten Abdruck mit gelber Farbe macht und diese drei Farbenbilder so aufeinander druckt, dass sie sich vollkommen decken, so entsteht ein Bild in dem Tone der gewöhnlichen Photographien, d. h. kein farbiges, sondern ein dunkles Bild. Diese Erscheinung ist insofern höchst interessant, als sie zu dem erwähnten Gegensatze zwischen der Mischung reiner Spektralfarben und der Mischung körperlicher Pigmentfarben eine Erklärung abgiebt; während bei der Mischung der Spektralfarben eine Addition der Lichtschwingungen, wie wir gesehen haben, stattfindet und blaues, gelbes, grünes und rothes Spektrallicht zusammen sich zu Weiss ergänzt, geben die gleichen Mischungen der Pigmentfarben auf dem Wege der Lichtsubtraktion Schwarz. Der erste Druck, der blaue, besteht aus einem Körper, welcher von dem weissen Lichte, das auf ihn fällt, die rothen und gelben Strahlen absorbirt, währenddessen er die blauen, violetten und grünen Strahlen noch hindurchtreten lässt. Nun wird auf dem blauen Farbenton ein gelber durchsichtiger Lasurfarbenton aufgetragen. Dieser hat nun die Eigenschaft, von den, von der blauen Farbe zurückkommenden Strahlen des ursprünglich weissen Lichtes die blauen und violetten zu absorbiren, sodass nur noch die grünen übrig bleiben. Deshalb sieht ein auf eine blaue Farbe aufgedrucktes Gelb grün aus. Wenn nun auf diese Mischung schliesslich ein transparenter Stoff aufgetragen wird, welcher das grüne Licht absorbirt, und dieses ist die rothe Lasurfarbe, so wird selbstverständlich das Bild schwarz aussehen, weil die verschiedenen, in dünnen Schichten aufeinander gedruckten Farbenkörper von dem

Tageslichte bestrahlt, zusammen alle Strahlen des auffallenden Lichtes verschlucken, mithin, gemäss unserer früheren Auseinandersetzung, schwarz aussehen müssen. (Vgl. S. 429.)

Die Albert'sche Erfindung ist demnach nicht nur für die Technik der reproduzirenden Künste, sondern auch im Allgemeinen für die wissenschaftliche Farbenlehre von Werth, denn sie erbringt einen neuen Beweis, dass alle Farbeneindrücke nur aus drei Grundfarben auf natürlichem Wege dargestellt werden können.

Neben Albert hatte sich auch Obernetter mit grossem Erfolge der Darstellung von Farbenlichtdrucken angenommen. In neuerer Zeit sind es J. Löwy in Wien, Hösch in Berlin und Angerer & Göschl in Wien, welche Hervorragendes auf dem Gebiete des Farbenlichtdrucks erreicht haben. Insbesondere stellen Angerer & Göschl Photochromotypien her, welche sogar mittels der Buchdruckpresse gedruckt werden können. Aehnlich wie bei dem erwähnten Farbenlichtdrucke werden z. B. von einem zu vervielfältigenden Gemälde auf einer zuerst in gewöhnlichem Tone erzielten photographischen Platte die einzelnen Stellen der Farben angelegt, wie sie der Reihe nach kommen sollen. Für jede Farbe des Bildes wird nun ebenfalls ein besonderes Negativ und mit Zuhilfenahme dieser einzelnen Negative eine zum Aetzen geeignete Abbildung auf eine Zinkplatte dargestellt. Gerade so wie bei der Chromolithographie mit den für einzelne Farben bestimmten lithographischen Steinen wird hier mit den für die Buchdruckerpresse präparirten Zinkplatten hintereinander dasselbe Bild gedrukt. Auch Goupil in Paris hat Grosses auf dem Gebiete des photographischen Farbendruckes erreicht; statt hochpolirte Zinkplatten benutzt er zu seinen Arbeiten Kupferplatten.

Wenn nun auch unter Beiziehung obiger Verfahren in geschickter Hand vorzügliche farbige Photographien erzielt werden, so dürfte doch wohl kaum auf diese Weise ein Ersatz für die Photographie in natürlichen Farben erreicht werden können!

c) FARBIGE PHOTOGRAPHIEN NACH ANDEREN METHODEN.

Ducos du Hauron hat einen Prozess der Wiedergabe natürlicher Farben auf photographischem Wege erfunden, indem er auf durchsichtigen Unterlagen farbige Pigmentdrucke eines Gegenstandes in Gelb, Blau und Roth anfertigte, die einzelnen Bilder übereinander legte und dadurch die Kombination eines farbigen Bildeindruckes erhielt.

Auch ein „photographisches Buntdruckverfahren", nicht zu verwechseln mit der oben geschilderten Albert'schen Methode, wurde

erfunden. Der photographische Buntdruck beruht darauf, dass nach einem farbigen Original ein Negativ aufgenommen wird; durch Retouche werden die verschiedenen Stellen, welche z. B. gelb, blau, roth, grün drucken sollen, abgedeckt und von jeder Abdeckung eine photographische Aufnahme und eine Lichtdruckplatte dargestellt. Diese werden nun mit den jeweiligen Farben eingerieben und, gerade so wie bei dem Farbendrucke, als Farbenlichtdrucke nach der Lichtdruckmethode in einander gedruckt.

Des Weiteren existirt eine höchst einfache Methode, um den natürlichen Farbeneffekt im photographischen Bilde zu erreichen. Die bezüglichen Vorschriften stützen sich darauf, die Photographie selbst durchsichtig zu machen, oder ein duftiges Glaspositiv zu erzeugen und hinter diesem oder dem durchsichtig gemachten Papiere jene Grundfarbe aufzutragen, welcher durch den Ton der Photographie die Nuance der Abstufung annähernd verliehen wird.

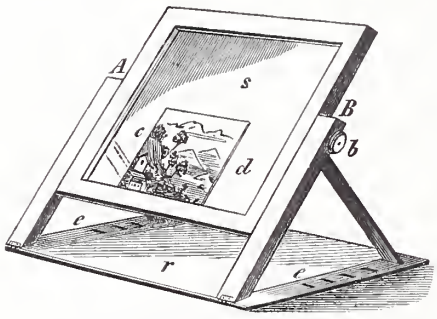


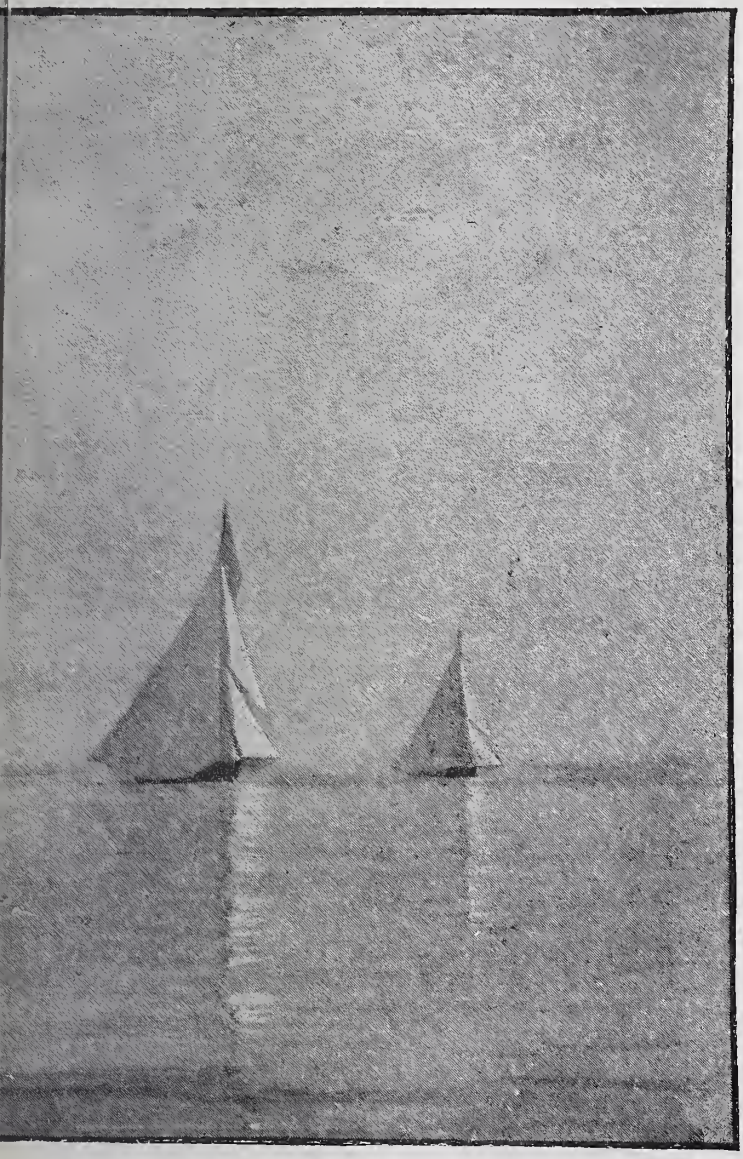
Fig. 373. Kolorirpult.

Zur Ausführung dieser, sowie der folgenden Methode ist der in Fig. 373 abgebildete Kolorirpult empfehlenswerth, welchen man auch zum Retouchiren von Negativen, sowie zum Bemalen von Diapositiven benutzen kann.

Ein eigenthümlicher farbiger Effekt wird auch erreicht, wenn (Methode von Germeuil-Bonnaud in Paris) man ein Bild auf gesilbertes Albuminpapier ganz schwach kopirt und, ohne zu fixiren, auf das kopirte Bild leicht transparente Farbe aufträgt und diese wiederum mit Albumin bestreicht. Man lässt im Dunkeln trocknen und legt das Bild nochmals genau auf das Negativ, um nun durch die Farbe hindurch die Kopie zu vollenden. Durch diese Methode werden hübsche Uebergänge des photographischen Tones zu den Farben und den Halbtönen erzielt und insbesondere in den Halbschatten die Farbe schön abgetont. Alles dies jedoch sind keine Erfindungen im eigentlichen Sinne des Wortes, sondern zur Unterhaltung dienende Methoden, welche die Lehre von der Photographie in natürlichen Farben um nichts gefördert haben.

(Schluss.)

Momentphotograp[illegible]



e von Segelschiffen.

Verlag von Wilh. Knapp in Halle a. S.

SACH- UND NAMENREGISTER.

Abbé, dessen optische Einrichtungen für Mikroskope I, 168.
—, dessen Beleuchtungsapparat I, 184.
—, dessen Analysator-Okular I, 184.
—, dessen mikrospektroskopischer Polarisationsapparat I, 206.
Abberation, chromatische I, 34, sphärisehe I, 232.
Abbildungen, naturwissenschaftliche I, 464.
Abbot, L., dessen Momentbilder I, 380.
Abbrennen der Kohlenspitzen I, 137.
Abgiessen des Kollodiums I, 254.
Abney, dessen Verdienste um das Bromsilber-Gelatine-Verfahren I, 21.
Abschwächung der Negative II, 387.
Absorptionsspektrum des Fuchsins I, 70; — des Blutes I, 70.
Abspülen des Bildes I, 259.
Abziehen des Negativs von der Glasplatte II, 389.
Achromasie II, 232.
Achromatische Prismen I, 34.
Achromatische Linsen I, 35.
Adolph, Dr., Venus-Expedition 1874 II, 84.
Aerztlich-diagnostische Photographie I, 323.
Aerztliche Untersuchungsmethoden, Photographiren bei denselben I, 381.
Aether für phot Zwecke, I, 245.
Airy, J. B., dessen astronomische Photographie II, 15.
Akkorde, Photographie derselben II, 167.
Akkumulator von Faure I, 127; — v. Plantè I, 128. 416.
Akustik, Projektionen aus dem Gebiete der II, 286.
Alabaster für Projektionscylinder II, 249.
Alaun zur Absorbirung der Wärmestrahlen II, 232.
Albert, J., dessen Verdienste um Erfind. des Lichtdrucks I, 20. II, 403.
—, dessen Mikrophotographien I, 154.
—, dessen anatomische Photographien I, 325.
—, dessen orthochromatische Platten II, 392.
Albert, dessen photographische Druckmethoden II, 401.
—, dessen unveränderliche Lichtdrucke II, 403.
—, Farben-Lichtdruck II, 422.
Albertotypien II, 403.
Albuminglasbilder I, 287.
Albuminiren der Glasplatten I, 253. 286; — Drehgestell zum I, 287.
Albuminpapier I, 276; — haltbares gesilbertes II, 393.
Albuminverfahren I, 285; II, 339.
Al Farabi, dessen Arbeiten über die Lehre vom Licht I, 23.
Alhazen, dessen Forschungen über die Strahlenbrechung I, 23.
Alkindi, J., dessen Arbeiten über die Lehre vom Licht I, 23.
Alkohol, absoluter I, 245.
Alkoholkollodium I, 245.
Alkohollampe für Knallgasgebläse II, 254.
Alkolen I, 245.
Alliance-Dynamomaschine I, 132.
Altazimuth II, 5.
Amalgamirung der Zinkcylinder I, 120. 438; der Zinkplatten I, 125. 438.
Amalgamirungsmethoden I, 120.
Ammoniak, chromsaures I, 281.
Ampère, Stromstärke I, 126.
Amplifier von Woodward I, 233.
Analysator-Okular von Abbé I, 184.
Anatomische Photographie I, 323.
Anatomische Präparate, Projektion derselben II, 313.
Anatomisch-stereoskopische Abbildungen I, 325.
Anderson, dessen Momentbilder I, 370.
Anfertigung von Projektionsbildern II, 334.
Angerer&Göschl, Zinkographien I, 462.
—, Hochdruckverfahren II, 412.
—, Farben-Lichtdrucke II, 426.
Angiograph von Laudois I, 334.
Anschütz, O., dessen Momentbilder I, 370. 380. Tafel VIII.
Anthropologische Photographien I, 323. 456.
Anthropologisch-photographische Methode von Fritsch I, 459.

Antiplanet von Steinheil Söhne I, 324. II, 368.
Aplanat von Steinheil Söhne I, 187. 324. II, 368.
Arabische Literatur I, 23.
Araehnoidiscus Japonicus Tafel V.
Arago I, 14. 153.
Areher, Einführung des Collodiums I, 18.
Argand's Gasbrenner I, 101. II, 234. 241.
Argelander'sche Scala II, 68.
Aristoteles, dessen Ansieht über das Lieht I, 22.
Arrowrootpapier I, 276.
Asphaltbild II, 400.
Asphalte, Verhalten der, gegen Speetralfarben I, 79.
Asphalt für photolithographisehe Reproduetionen II, 400.
Asphaltverfahren von Nièpee I, 11.
Asser, dessen photographisehe Druekmethode II, 401.
Astralgasapparat I, 108.
Astronomisehe Aufnahmen, Expositionsdauer bei denselben II, 17.
Astronomisehe Messungen II, 71.
Astronomisehe Photographie II, 1; — optisehe und technisehe Hilfsmittel zu derselben II, 1; — Resultate derselben II, 26. 93.
Astronomisehe Projektionen II, 320.
Astronomisch-photographisehe Kassette II, 98; — Uhrwerk derselben II, 98; — Stromsehlüssel für dieselbe II, 99.
Astrophotographen, die II, 26.
Athmung und Herzsehlag, Transmissionsapparat für I, 346.
Aubeldruek II, 406.
Aucklandsinseln, Stationsgebäude und Observatorium der Venusexpedition auf den II, 84.
Aufgiessen des Kollodiums I, 254.
Aufnahmeapparate, moderne II, 346. 347.
Auge, mensehliehes, Bau desselben I, 391.
Augenhintergrund nach Helmholtz I, 398.
Augenpunkt und Distanz, Methode der Bestimmung von II, 196.
Augenspiegel, Bau und Anwendungsweise desselben I, 390. 393.
Augenspiegelbild, Entstehung des umgekehrten reellen I, 393.
Augenspiegel, einfaeher I, 392; — von Coeeius I, 394; — von Jäger I, 394; — von Rosebrugh I, 395; — von Liebreieh I, 396.
Augenspiegel, Gang der Liehtstrahlen beim I, 392.
Augitkrystall, Mikrophotographie I, 295.
Ausdehnung durch Wärme II, 281.
Autolaryngoskopie I, 429.
Automatisehe Hervorrufungskassette II, 355.
Autotypie I, 294.
Autotypie-Druek II, 412.
Auwers, Venusexpedition 1874 II, 84.
Azalinstoff für orthoehromatisehe Platten II, 392.

Babo von, dessen Verbesserungen an Mikroskopen I, 197.
dessen mikrophotographisehe Wippe I, 199.
Baeon, F., dessen Verdienste um die Lehre vom Lieht I, 24.
Baden-Pritehard, Militär-Photographie II, 219.
Bähr, Bühnen-Liehtregulator II, 325.
Bär, Mondkarte II, 62.
Bärensprung, Temperaturmessungen am mensehlichen Körper I, 360.
Bahr, Bueh über Projektionskunst II, 338.
Bakterienfärbung von Koeh I, 304.
Bakterien, Photographie derselben I, 180.
Bakterienpräparate, Anfertigung derselben I, 305.
Baldus, dessen heliographisehe Arbeiten II, 408.
Ballon zur Entwickelung glühender Gase I, 61.
Ballonphotographie II, 226.
Balmain'sehe Leuehtfarbe II, 373.
Bandwurm, Theil vom Kopfe des, Taf. III.
Bardy, dessen Verwendung des Stickstoff-Sehwefelkohlenstofflichts für photographisehe Zweeke I, 117.
Barnard, dessen Momentbilder I, 370.
Barograph II, 119; — Prinzip desselben II, 120.
Barographenkurve II, 123.
Bates, photographisehe Darstellung der Himmelskörper II, 26.
Batterie kleine, für Beleuehtungszweeke I, 434.
Baudon, Militärphotographie II, 219.
Bauer, Franeis, Botaniker, I., 13.
Bazin, Photographie in den Meerestiefen II, 142.
Beale, dessen Verdienste um die Mikroskopie I, 190. 299.
Beeker, Dr., Venusexpedition 1874 II, 83.
Beekley, R., Kew-Observatorium II, 140.
Beequerel, dessen Untersuehungen betr. Speetralanalyse I, 76; — dessen photometrisehe Arbeiten I, 92; — dessen Versuehe über Lichtwirkung I, 99; — dessen-Farbenphotographien II, 418.

Beeck, v. d., Militärphotographie II, 225.
Behnke, dessen Kehlkopfphotographie I, 452. Taf. VII.
Behrend, O., dessen Beobachtungen über das Abbrennen der Kohlenspitzen I, 138; — dessen Theaterprojektionen II, 322.
Behrens, Hilfsbuch für mikroskopische Untersuchungen I, 313.
Beleuchtung der Dunkelkammer II, 377.
Beleuchtungsapparat für Mikroskope von Abbé I, 184; — von Benecke I, 213; — von Abbé-Zeiss I, 221.
Beleuchtungslinsen an Mikroskopen I, 218.
Beleuchtungsmethoden nach Benecke I, 220.
Beleuchtungssonde für den Fischmagen I, 417.
Beleuchtung undurchsichtiger Objekte I, 227.
Belichtungszeiten II, 380.
Benecke, dessen Mikrophotographien I, 154; — dessen Kassette für acht mikrophotographische Aufnahmen I, 173; — dessen grosses photographisches Mikroskop I, 176; — dessen mikrophotographischer Apparat zur Darstellung entwicklungsgeschichtlicher Präparate I, 185; — dessen mikrophotographische Wippe I, 199; — dessen Kondensator für Mikroskope I, 219; — dessen mikroskopische Beleuchtungsmethode I, 221; — dessen Vorrichtung zur Beleuchtung undurchsichtiger Objekte I, 227; — dessen mikrophotographisches Laboratorium I, 251; — dessen mikrophotographische Arbeiten I, 292. —
Benque, Photoskulptur II, 416.
Bergkuppe, Bestimmung des Horizontal- und Vertikalwinkels einer II, 209.
Berg, photogrammetrische Aufnahme eines solchen II, 212; — Horizontalprojektion desselben II, 213.
Berkowski, dessen Sonnenphotographien II, 35.
Bertsch, dessen Mikrophotographien I, 154; — dessen Sonnenmikroskop I, 189. II, 310.
Bessel, Astronom II, 67.
Bessemer, dessen Stahlbereitung I, 71.
Betrachtung eines Gegenstandes von zwei Seiten I, 46.
Beugungserscheinungen des Lichtes, Photographie der II, 186.
Beutelapparate II, 349.
Bewegliche Bilder II, 269.
Bichromat-Tauchbatterie für wissenschaftliche Untersuchungen I, 124.
Bikonkave Linse, Virtueller Brennpunkt derselben I, 33.
Bikonkave Linsen, verkleinertes Bild derselben I, 34; — vergrössertes Bild derselben I, 34; — virtuelles Bild derselben I, 34.
Bildabstand, Berechnung desselben II, 233.
Bild, Einstellung desselben I, 228.
Bilder, bewegliche II, 270.
Bilderzeugung im dunkeln Raume I, 38.
Bild, fokales, im photographischen Fernrohr II, 23.
Bildformung, Schablonen und Trimmer für II, 268.
Binokulare Mikroskope I, 196.
Biot'scher Apparat II, 281.
Black, dessen erste photographische Aufnahmen von Himmelskörpern II, 26; — dessen Mondphotographien II, 50.
Bläsdorf, Nachf., Projektionsapparate II, 337.
Blätterdruck I, 10.
Blasebalg-Kamera I, 40.
Blasengrund, elektrische Beleuchtung desselben I, 422.
Bleibaum II, 284.
Blitz, Photographie desselben II, 148. 157.
Blitze, Darstellung derselben auf der Bühne II, 329.
Blitzkamera von v. Schlicht II, 365.
Blumenfarben, Verhalten der, gegen Spektralfarben I, 80.
Blut, Absorptionsspektrum desselben I, 70.
Blutkörperchen, Formen derselben I, 387; — Grösse derselben I, 388.
Blutkreislauf, Darstellung desselben II, 313.
Blutkrystalle I, 389.
Blutlaugensalz für Abschwächung der Negative II, 387.
Blut, menschliches, Mikrophotographie I, 269. Tafel VII.
Blut, mit Milzbrandbakterien durchsetztes, Tafel V.
Bobzin, Venusexpedition 1874 II, 83.
Böcker, H., Mikroskopische Präparate I, 313.
Boehr, Dr., Venusexpedition 1874 II, 85.
Börgen, Dr., Venusexpedition 1874 II, 83.
Börhave, dessen Temperaturbeobachtungen am menschlichen Körper I, 359.
Böttger, Prof., Erfinder der Schiessbaumwolle I, 243; — dessen Chlorätze II, 400.

Bogenlicht für wissenschaftliche Zwecke I, 135; — zu Projektionen I, 150.
Boll, I, 26.
Band, W. C., dessen erste photographische Aufnahmen von Himmelskörpern II, 26; — dessen Mondphotographien II, 50; — Photographie der Sterne II, 66; — Zeichnung des Orionnebels II, 68.
Borkenhagen, Venusexpedition 1874, II, 86.
Boston-Lampe von Bernstein I, 150.
Bothkamp, photographisches Teleskop zu II, 16.
Boudet de Pâris, dessen Sphygmophon I, 328; — dessen Parleur microphonique I, 329; — dessen Transmissionstrommel I, 347.
Bouguer, dessen photometrische Beobachtungen I, 90.
Brandeis, Photographie des Kehlkopfs I, 446.
Braun, Dr. O., dessen Prismenkombination I, 68; — dessen Spektroskop I, 68; — dessen Brenner I, 68.
Braun's Plattenheber II, 386.
Brauneck, A., dessen Lichtdrucke I, 296; — dessen Schnellpressendrucke II, 405.
Brechung des Lichtes durch Prismen und Linsen I, 29.
Brechungsverhältnisse der mikroskopischen Linsen-Combinationen I, 264.
Brechungswinkel I, 30.
Brenner für Projektionsapparate II, 247.
Brennpunkt I, 32.
Brewster, D., dessen Stereoskop I, 48; — dessen Kaleidoskop II, 292.
Bromkadmium I, 245.
Bromkaliumlösung II, 385.
Bromsilber-Emulsionsverfahren mit Kollodium I, 21.
Bromsilber-Gelatine-Papier, Copien auf II, 396.
Bromsilber-Gelatine-Platten, Prüfung derselben II, 371; — über die Aufnahme mit II, 380.
Bromsilber-Gelatine-Verfahren I, 21. II, 371; — Vortheile desselben I, 265.
Brothers, A., dessen Sonnenphotographien II, 35.
Brown, dessen Kehlkopfphotographien I, 452. Tafel VII.
Browning, dessen Mikrospektroskop I, 205; — dessen photographisches Teleskop II, 10; — photographisches Okular zu demselben II, 11; — Kassette zu demselben II, 11; — Gang der Lichtstrahlen in demselben II, 11.
Bruck's Stomatoskop mit Wasserkühlung I, 419.
Bruhns, Dr., Venusdurchgang II, 90.
Brunton's Ohrenspiegel I, 400.
Brush, dessen elektrische Lampe I, 146.
Buchwald, Venusexpedition 1874 II, 83.
Bühnenbeleuchtung, farbige II, 328.
Bülow v., Sternwarte II, 15.
Bunsen, dessen Verdienste um die Spektralanalyse I, 58; — dessen Spektraltafel I, 62; — dessen Photometer I, 91. 93; — dessen Arbeiten, betreffend chemische Wirkung des Sonnenlichtes I, 95.
Bunsen-Element für elektrisches Licht I, 119; — Theile desselben I, 119; — Schaltung desselben I, 119; — Säuren für I, 121; — rechteckige Form I, 122; — Installirung I, 123; — Beseitigung der Dämpfe I, 124.
Buntdruck-Verfahren, photographisches II, 426.
Burchardi, Photogrammetrie II, 214.
Burnett, dessen Untersuchungen betr. Lichtempfindlichkeit der Eisensalze I, 100.
Busch's Objektive II, 367; — dessen Pantoskop II, 369.

Camera obscura I, 8. 10; — gewöhnliche I, 39; — für photographische Zwecke I, 39; — zur Darstellung perspektivischer Bilder II, 195.
Capanema, Dr. de, dessen photographische Längenbestimmung II, 95.
Capron, dessen Photographien des Sonnenspektrums I, 87.
Carcellampe II, 234.
Carey, Photographie in den Meerestiefen II, 142.
Carpenter, Atlas der Mondphotographie II, 64.
Cartesius, I, 25.
Cäsium, dessen Spektrum, I, Tafel I, Fig. 6.
Celsius, dessen photometrische Beobachtungen I, 90.
Centrirapparat für den Projektionstrog II, 271.
Centrirung des Lichtpunktes II, 235.
Chadwick, Buch über Projektionskunst II, 338.
Chappe, Venus-Beobachtung 1769 II, 82.
Charcot, dessen Photographien hysterischer Personen I, 383.
Charles, Megaskop II, 264.
Charnier, dessen heliographische Arbeiten II, 408.
Chemikalien für Photographie I, 239. 242; — Präparation derselben I, 243.

Chemische Einflüsse des Sonnenspektrums I, 75.
Chemische Experimente II, 275. 298.
Chemischer Fokus II, 370; — Bestimmung desselben II, 371.
Chemisches Licht der Sonnenstrahlen in Tropengegenden I, 96.
Chemische Strahlen I, 53.
Chemische Versuche, Schale für II, 273.
Chemische Wirkungen des Lichts I, 52; — der Spektralfarben I, 74.
Chemische Zersetzung durch den galvanischen Strom II, 284.
Chevalier, Ch., dessen Unterstützung Daguerre's I, 12.
Chevalier, dessen Mikroskop für photographische Zwecke I, 171.
—, dessen photogrammetrische Versuche II, 198.
—, dessen photographischer Messtisch II, 199.
—, Aufnahme eines Festungsterrains II, 203.
Chininlösung-Schriftzüge, Sichtbarmachung derselben durch das Sonnenspektrum I, 75.
Chirurgie und Photographie I. 381.
Chlorätze von Prof. Böttger II, 400.
Chlorgoldlösung zum Tonen der Bilder I, 278.
Chlorgoldnatrium zum Tonen der Bilder I, 278.
Chlorsilber-Gelatine-Platten für Diapositive II, 398.
Chlorsilber-Kollodium für transparente Kopien I, 285.
Chlorsilber-Kollodium-Kopien II, 346.
Chlorsilber-Kopien auf Papier I, 276.
Chlorsilber, Lichtwirkung auf I, 97.
Chlorwasserstoff-Verbindung, Verhalten derselben gegen Spektralfarben I, 80.
Christie's Revolvervorrichtung an photographischen Fernröhren II, 104.
Chromatische Abberation I, 34.
Chromotypie I, 20.
Chromsaure Salze für Pigmentdrucke I, 281.
Chronographie, elektrische I, 351.
Chronoskop II, 183.
Claire-Deville, dessen Stickoxydbereitung I, 115.
Clark, dessen Refraktor II, 68.
Cloiseaux, Des, Polarisationsapparat II, 188.
Coccius, dessen Augenspiegel I, 394.
Collas, Venus-Beobachtung 1769 II, 82.
Common, A., Photographie des Orionnebels II, 69.
Continuirliches Spektrum, I, Taf. 1, Fig. 1.
Cornu, dessen Photographien des Sonnenspektrums I, 86; — Berechnung der Sonnenentfernung II, 77.
Corona II, 34.
Crookes, W., I, 28; — dessen Verdienste um die Spektralanalyse I, 69. 76; — dessen Trockenplatten I, 261; — photographische Darstellung der Himmelskörper II, 26; — Lichtmühle II, 152.
Cruise, dessen Endoskop I, 404.
Cyaninstoff für orthochromatische Platten II, 392.
Cyankalium zur Fixirung I, 247; — für Abschwächung der Negative II, 387.
Cylinder zur Compression des Sauerstoffs I, 113. II, 253; — gusseiserner für komprimirten Sauerstoff II, 253.
Cylinder für meteorologisch-photographische Aufzeichnungen II, 109.
Cylinder für Kalklicht aus Alabaster II, 249.
Cylinder, rother, für Dunkelkammer II, 379.
Czermak, dessen Pulsspiegel I, 333; — Kehlkopfspiegel I, 426; — Photographie des Kehlkopfs I, 446. Taf. VII; — physikalische Projektionen II, 318. 321.

Dagron, dessen Methode zur Verkleinerung von Photographien I, 299. 317; — dessen mikroskopische Photographien I, 314; — dessen mikroskopisch-photographischer Apparat I, 315; — Ballonphotographie II, 226.
Daguerre I, 8. 12; — dessen Theorie I, 14.
Daguerreotypie I, 12.
Daguerres Auszeichnung von Seiten der französischen Regierung I. 14.
Daguerre's Verfahren I, 14.
Dallmeyer, dessen Tripletsystem I, 38; — dessen Revolvervorrichtung an photographischen Fernrohren II, 104.
Dancer, dessen Photographien vergrösserter Objekte I, 153.
Darstellung der Natriumlinien I, 59.
Darstellungsweise des Sauerstoffgases I, 111.
Darval's Regeln der Belichtungszeiten II, 381.
Darwin über Physiognomik I, 464.
David und Scolik, Expositionsbemessung bei Momentaufnahmen I, 468.
Davis, Sonnenfinsterniss-Photographien II, 48.

Davy, H., I. 8. 10. 11; — dessen elektrische Lampe I, 137.
Dawson, Militärphotographie II, 219.
Deichmüller, Venusexpedition 1874 II, 84.
Deklination II, 5.
Deklinationskurven II, 134.
Deklinations-Magnetnadel II, 126.
Deklinations-Magnetograph II, 133.
Delachanal, dessen Stickoxyd-Schwefelkohlenstofflicht I, 115.
Demokritos I, 22.
Demonstrationsmikroskop von Klönne & Müller I, 168.
Depeschen, photographirte I, 318.
Dermatokoptes equi I, Taf. VI.
Derogy, dessen Universalapparat II, 369.
Descartes I, 29.
Desormeaux, dessen Buch über Endoskopie I, 403; — dessen Endoskop I, 404.
Deutsche Seewarte, Photographie in den Meerestiefen II, 141.
Deutsche Venusexpedition, Weihnachtsfeier derselben II, 85.
Diapositive II, 396; — Färben derselben II, 398; — als Fensterbilder II, 398.
Diatomeen, Photographien von I, 273.
Dietrich, C., Sonnenfinsterniss-Photographien II, 48; — II, Taf. I, Fig. 3.
Differentiallampe, Prinzip der I, 145.
Dilettanten, photographische Kamera für II, 347.
Dioptrisches Fernrohr II, 3.
Dippel, dessen Spektropolarisator I, 184; — dessen mikrospektroskopischer Polarisationsapparat I, 206; — dessen Lehrbuch der Mikroskopie I, 299.
Dissolwer II, 258, 274.
Distanz bei perspektivischen Bildern II, 195.
Distributionshähne II, 273.
Dixon's Thierphotographien I, 462.
Dochtkohlenglühlicht, Prinzip desselben I, 148.
Dölter, Venusexpedition 1874, II, 83.
Dörgens, Photogrammetrie II, 214, 217.
Dolbear, Buch über Projektionskunst II, 338.
Dollières, Venusexpedition 1769 II, 82.
Dollond, I, 34.
Dominis, A. de, I, 24.
Donatischer Komet, Photographie desselben II, 69.
Donné I, 19; — dessen Experimente betr. Photographie mikroskopischer Bilder I, 153; — dessen galvanoplastische Arbeiten II, 408.
Doppelbild des Mondes, stereoskopisches, von Rutherfurd, II, 58.
Doppelbilder der Sterne II, 66.
Doppelbilder, Skioptikon für II, 258.
Doppelkassette I, 261.
Doppel-Projektionsapparat II, 260; — Richten desselben II, 262; — Strahlenrichtung desselben II, 262.
Doppelring an Teleskopen II, 10.
Doppelschieber für Projektionsbilder II, 269.
Doppeltransmission für elektrische und pneumatische Uebertragung I, 349.
Draper, dessen spektral-analytische Untersuchungen I, 76. 78; — dessen Untersuchungen betr. Wärmestrahlen des Spektrums I, 81; — betr. chemische Wirkungen des Spektrums I, 81; — dessen Photographie des Sonnenspektrums I, 86; — dessen Mondphotographien II, 63; — dessen Photographie des Orionnebels II, 68.
Drummond I, 108.
Drummond'sches Kalklicht I, 108. II, 230 235; — für Mikrophotographie I, 212; zu Bühnenzwecken II, 329.
Dubosq, dessen elektrische Lampe I, 142; — zu Spektralversuchen I, 60. II, 298; — Projektion querliegender Gegenstände II, 272; — dessen Vergrösserungsapparat mit elektr. Licht II, 303; — dessen Lampe mit Beleuchtungsspiegel II, 304.
Duchenne's physiognomisch-photographische Studien I, 465.
Ducom, Ballonphotographie II, 227.
Ducos du Hauron, Methode der Wiedergabe natürlicher Farben II, 426.
Ducretet, Photographie elektr. Funken II, 154.
Dudgeon, dessen Sphygmograph I, 466.
Dürer, A., Regeln der Perspektive II, 197.
Dujardin, dessen heliograph. Arbeiten II, 408.
Dujardin'scher Kondensator für Mikroskope I, 219.
Dunkelraum I, 248.
Dunkelraum-Beleuchtung II, 377.
Dunkelwagen von Marey I, 371.
Durand, dessen heliograph. Arbeiten II, 408.
Durchsichtige körperliche Gegenstände, Projektion derselben II, 264.
Dynamoelektrisches Prinzip, Entdeckung desselben von Siemens I, 134.
Dynamomaschine von Gramme I, 134; — von v. Hefner-Alteneck I, 135; — von Siemens & Halske I. 135.
Dyphtheritismembran, Durchschnitt durch eine I, 294.

Eastman's Rollkassette II, 351.
Ebu Haithem I, 23.
Eder, Prof. J. M., I, 21; — dessen Zusammenstellung der photometr. Methoden I, 96; — dessen Buch über Momentphotographie I, 370. II, 222. 364; — dessen Untersuchungen über Kollodiumhaut-Zusammenziehung II, 74; — dessen Angaben für die Belichtungszeit bei Momentaufnahmen II, 382; — dessen Entwicklungslösung II, 385; — orthochromatische Platten II, 392.
Edgarton-Lampe II, 254.
Edison, dessen Glühlampe I, 148. 150.
Edison's Plattenprüfung mit elektr. Lichte II, 374.
Einfacher Fallbrett-Verschluss II, 361.
Einfache mikrophotographische Apparate I, 171.
Einlegen des Papieres in den Kopirrahmen I. 277.
Einlegerahmen I, 45. 284.
Einrichtungen auf Sternwarten II, 7.
Einstell-Lupe II, 380.
Einstellrähmchen I, 270.
Einstellung der Bilder I, 228. II, 379.
Einstellungsvorrichtung mit Planspiegel I, 231.
Eintauchen der Platten in das Silberbad I, 254.
Einwirkung des Lichtes auf Asphaltlösungen I, 11.
Eisenchloridkopien I, 279.
Eisenoxydul, schwefelsaures I, 247.
Eisensalze, Lichtempfindlichkeit derselben I, 100.
Eisenvitriol zum Entwickeln I, 268. II, 384.
Essigsäure zur Entwickelung I, 246.
Eiweiss-Photographie II, 343.
Eiweiss zum Albuminiren der Platten I, 253.
Elektrische Beleuchtung, für wissenschaftliche Zwecke I, 151; — im pathologischen Institute zu Wien I, 152; — unterirdischer Räume I, 445.
Elektr. Bühnen-Projektionslampe II, 256.
Elektrische Chromographie I, 351.
Elektrische Glühlampe für das Scioptikon II, 256; — für mikrophotographische Zwecke I, 218.
Elektrische Lampe von Davy I, 137; — von Dubosq I, 142; — von Brush I. 146; — von Jablochkoff I 147; — mit Dochtkohle von Reynier I, 147; — von Werdermann I, 147; — von Marcus I, 147.
Elektrische Lampe für das Scioptikon II, 255; — für Kliniken I, 444; — für Zahnärzte I, 444; — zu Spektralversuchen I, 60.
Elektrische Mikroskopbeleuchtung I, 214.
Elektrische Projektionslampe, einfache II, 256.
Elektrischer Beleuchtungsapparat von Trouvé I, 444; — von Jirasko I, 446.
Elektrischer Funke, Photographie desselben II, 148. 152; — Grösse desselben II, 151; — verschiedene Lichtwirkung desselben II, 152.
Elektrischer Handregulator II, 138; — von Sautter-Lemonnier II, 305; — von Baehr II, 325.
Elektrischer Lichtbogen, Erzeugung desselben I, 136.
Elektrischer Lichtregulator von Foucault I, 137. 140; — von Serrin I, 137. 140; — von Gaiffe I, 142; — von Stöhrer I, 144; — von Jaspar I, 146.
Elektrischer Momentanverschluss am Teleskop II, 16.
Elektrischer Momentverschluss I, 257.
Elektrischer Reflector für Bühnenzwecke II, 328.
Elektrischer Transmissionsapparat I, 349.
Elektrisches Licht I, 118. II, 235; — für Endoskopie I, 416; — für Laryngoskopie I, 431; — für Mikrophotographie I, 212; — für Mundbeleuchtung I, 431; — für Rhinoskopie I, 431; — zu Projektionszwecken II, 254.
Elektrische und pneumatische Uebertragung, Doppeltransmission für I, 349.
Elektrisch-montirte Reflektoren I, 439; — Kehlkopfspiegel von Nitze-Leiter I, 440. 441.
Elektrizität, Geschwindigkeit derselben I, 27.
Elektrizitätslehre und Magnetismus II, 282.
Elektrizitäts- und Wärmebeziehungen II, 286.
Elektro-endoskop. Sonden nach Trouvé 1, 419.
Elektromagnetische Maschine für Lichterzeugung I, 129.
Elektromagnetischer Momentverschluss I, 43.
Elektromotor II, 146.
Elektro-mikrophonische Aufzeichnung von Worten I. 329.
Elektrolytisches Gesetz II, 285.
Elektroskop, Projektion desselben II, 276.
Elemente in der Photosphäre der Sonne I, 63.
Ellery, Mondphotographien II, 62.

Elliot, Stereoskopie I, 48.
Embryograph von Hartnack & His I, 160.
Empedokles I, 22.
Endoskop von Desormeaux I, 404; — von Fürstenheim I, 405; — von Cruise I, 404; — von Stein I, 406; — von Nitze-Leiter I, 416. 421.
Endoskopbeleuchtung, elektrische von Trouvé I, 416.
Endoskop, Fensterspiegel- I, 412.
Endoskopische Bilder I, 415.
Endoskopische Röhren I, 410.
Endoskopische Technik I, 413.
Endoskop mit Magnesiumlicht I, 409; — mit Wasserkühlung I, 421; — photographisches I, 414.
Endosmose II, 285.
England, dessen Trockenplatten I, 261.
Enjalbert, dessen photographischer Revolver II, 363.
Entwickelung der Bilder I, 258. 267, II, 383.
Entwickelung mit Eisenoxydul I, 247, II, 384.
Entwickelung mit Pyrogallussäure I, 246, II, 387.
Entwickelungsflüssigkeiten I, 246.
Eosinstoff für orthochromatische Platten II, 392.
Epikur I, 22.
Erde, Bahn der, um die Sonne II, 79.
Erdmagnetismus, Intensität des II, 127.
Eschke, Venusexpedition 1874, II, 84.
Euler, Chr., Venusexpedition 1769 II, 82.
Exosmose II, 285.
Experimentelle Darstellung von Induktionsströmen I, 129.
Expositionsdauer bei astronomischen Aufnahmen II, 17.
Expositionszeit I, 258, II, 380; — bei Momentaufnahmen I, 468.

Faber und Schleicher, deren Schnellpresse für Lichtdruck II, 405.
Fallbrett, einfaches II, 361.
Fallbrettverschluss mit pneumatischer Auslösung II, 360.
Fallende Körper, Photographie derselben II, 185.
Faraday's elektrolyt. Gesetz II, 285.
Farbeneffekt im photographischen Bilde II, 427
Farben für Projektionsbilder II, 337.
Farbenkreisel II, 293.
Farben-Lichtdruck II, 422—426.
Farbenspektrum von Newton I, 56.
Farbige elektrische Bühnenbeleuchtung II, 328.
Farbige Copien I, 279.
Farbige Photographien II, 416. 420. 426.
Farbige Scheiben für Projektionsbilder II, 271.
Farrant'sche Lösung I, 312.
Feddersen, dessen Funkenspiegel II, 149; — dessen Methode der Photographie elektrischer Funken II, 148.
Feder-Momentverschluss II, 361.
Fehler der Platten II, 390.
Ferguson, Projektion II, 298.
Fernrohr, photographisches von Secchi II, 20.
Ferron & Pauli, Negativpapier II, 353.
Ferridoxalat für Platinotypie II, 394.
Ferrier's Albumin-Transparentbilder II, 343.
Ferro-prussiat-Papier von Talbot I, 280.
Ferrotypien II, 344.
Filtrirapparat I, 241.
Fisch, elektrischer, Durchleuchtung I, 417.
Fixirung I, 11. 260. 268.
Fixirungslösung I, 247.
Fixirungsprocess I, 278. II, 387.
Fixsterne, Photographie der II, 65.
Fizeau, dessen Vervollkommnung der Daguerre'schen Methode I, 15, 19; — Berechnung der Sonnenentfernung II, 76; — galvanoplastische Arbeiten II, 408.
Flammenbilder des Perkussionsschalles I, 385.
Flammenmanometer II, 171.
Flammen, manometrische, photograph. Darstellung derselben II, 171.
Fleischer, J., I, 24.
Flintenkugeln, Photographie abgeschossener II, 222.
Flinte, photographische, von Marey I, 377. II, 363.
Flintglaslinsen II, 232.
Florent, farbige Photographien II, 421.
Flüssigkeiten für Entwickelung I, 246.
Flutenmesser, photographischer II, 143.
Fokaldistanz, Berechnung der II, 233.
Fokales Bild im photographischen Fernrohr II, 23.
Fokus I, 32. II, 232.
Fokus, chemischer II, 370.
Fokusdifferenz I, 236. II, 370.
Fokus, optischer II, 370.
Förster, W., Astronom. Zeitmessungen II, 108.
Fötus, menschlicher, Querschnitt durch den Unterschenkel eines I, Taf. III.
Forrest, J. A., photographische Darstellung der Himmelskörper II, 26.
Fothergill I, 20; — dessen Trockenplatten I, 261; — dessen Verdienste um die astronomische Photographie II, 19.

Foucault, L., dessen Lichtregulator I, 137; — dessen Atlas der mikroskopischen Anatomie I, 153; — dessen Spiegelteleskop II, 9; — Berechnung der Sonnenentfernung II, 77.
Foulkes, Militärphotographie II, 219.
Français, dessen Universalobjektiv II, 369.
Franz, dessen heliographische Arbeiten II, 409.
Fraunhofer's Untersuchungen über die Länge der Lichtwellen der Farben I, 27; — Spektrum I, 54; — Linienberechnung I, 56; feinere Linien I, 57.
French's photographisches Laryngoskop I, 451; — Kehlkopfphotographie I, Taf. VII.
Frey, Lehrbuch der Mikroskopie I, 313.
Fritsch, G., dessen Mikrophotographien I, 154; — Verdienste um Herstellung stereoskopischer Mikrotypien I, 201; — mikrophotographische Wippe I, 201; — anthropologische Photographien I, 458; — Expedition nach Aden II, 36. 189; — Venusexpedition 1874 II, 83.
Frontalphotophor von Trouvé-Helot I, 443.
Fry, photographische Darstellung der Himmelskörper II, 26. 50.
Fuchsin, Absorptionsspektrum I, 70.
Funke, elektrischer, Photographie desselben II, 148. 152. 156. 157; — verschiedene Lichtwirkung desselben II, 152.
Funkenspiegel von Feddersen II, 149.

Gärtner, Projektion II, 305.
Gaiffe, dessen elektrischer Lichtregulator I, 142.
Galilei I, 24.
Galvanischer Strom, chemische Zersetzung durch den II, 284.
Galvanisch-schwingende Stimmgabel I, 348.
Galvanismus II, 284.
Galvanometer I, 362; — zur Projektion II, 282.
Ganglienzelle, multipolare I, Taf. VI.
Ganz, J., Pinakoskop II, 239; — Wunderkamera II, 266; — kleiner Opakapparat II, 267; — mikroskopische Photogramme II, 312, 337.
Garcia, M., dessen Kehlkopfspiegel I, 426.
Gasbrenner, Argand'scher I, 101.
Gas-Distributionshähne II, 273.
Gaslicht für Mikrophotographien I, 210; — für photograph. Arbeiten I, 101.
Gaslichtreflektor zu photographischen Aufnahmen I, 103.
Gasometer für Sauerstoffgas I, 111. II, 245.
Gassack II, 245.
Gassendi I, 25.
Gastroskop, von Nitze-Leiter I, 423; — von Mikulicz I, 423.
Geheimkamera von Stirn II, 364.
Geissler'sche Röhren, Lichteffekt derselben zu photographischen Arbeiten I, 150.
Geistererscheinungen II, 334; — optische Theorie zur Darstellung von II, 333.
Gelatineplatten, Prüfung derselben II, 371.
Gelatinetafeln zu Projektionsbildern II, 336.
Gemoser I, 20.
Gemoser & Waltl, Lichtdrucke I, 325. II, 403.
Gentil, Le, Venusexpedition 1769 II, 82.
Geographische Länge, photographische Bestimmung derselben II, 93.
Geradsichtiges Prismensystem I, 68.
Gerhardt, Untersuchungen des Perkussionsschalls I, 384.
Gerlach, v., dessen hervorragende Arbeiten auf dem Gebiete der mikroskopischen Photographie I, 153. II, 312; — Photomikroskop I, 172; — Kondensator für Mikroskope I, 219; — Abbildungen von Injektionspräparaten I, 284.
Germeuil-Bonnaud, farbige Photographien II, 427.
Geschichtliches über Photographie I, 8.
Geschwindigkeitserscheinungen, die bekanntesten I, 27.
Gestalt der Sonne II, 28; — der Mondoberfläche II, 60.
Gestell für Glasplatten I, 241.
Giffon und Vincent, Zeichnungen der menschlichen Bewegungen I, 375.
Gill, Kometenphotographie II, 70.
Glasbilder, positive I, 285.
Glasphotographie, Erfindung der I, 18.
Glasplattengestell I, 241.
Glasplatten, Reinigung I, 252; — Kollodionirung I, 254; — Eintauchen in das Silberbad I, 254.
Glasplatten, Wasserkurve zwischen II, 277.
Glimmerblättchen an Marey's Sphygmograph I, 336.
Glimmlicht I, 150.
Glühende Gase, Ballon zur Entwickelung derselben I, 61.
Glühlampe von Edison I, 148; — von Swan I, 148; — von Lane Fox I, 148; — von Müller I, 148; — von Greiner & Friedrichs I, 148; — von Siemens I, 148; — von Bernstein I, 150.

Glühlicht I, 148.
Glühlichtlampen zu mikroskopischen und spektroskopischen Arbeiten I, 150, 465; — mit Stativ für wissenschaftliche Zwecke I, 214; — zur elektrischen Beleuchtung der Körperhöhlen I, 439; mit Reflektor I, 440. 444; — für das Scioptikon II, 256.
Göthe, über Farbenlehre II, 418.
Goldbad I, 278, II, 394.
Gordon, R. M., astronomische Photographie II, 19.
Gossler, Dr. von II, 206.
Gould, B. A., Sonnenfinsterniss-Photographien II, 43; II, Taf. I, Fig. 2.
Goupil & Co., Woodburydrucke II, 402; — Reproduktionsverfahren II, 409; — Farbendrucke II, 426.
Gramme, Dynamomaschine I, 134.
Graphische Darstellung des menschlichen Pulses I. 330.
Gray I, 18.
Greenlaw, Verbesserung des Negativprozesses II, 340.
Greenwich, photographisches Teleskop zu II, 14.
Greiner & Friedrichs, Glühlichtlampen I, 149. 213.
Grenet's Lösung für Tauchbatterien I, 126.
Griechische Philosophen, Arbeiten derselben I, 22.
Grimaldi I, 25; — Untersuchungen über Interferenz des Lichtes II, 186.
Grimm, J., Mikrophotographien I, 154. 180. 291. 323.
Grössenbestimmung der Objekte I, 301.
Grove, dessen galvanoplast. Arbeiten II, 408.
Grove-Elemente I, 122. II, 322; — Herstellungskosten I, 123; — Installirung I, 123; — Beseitigung der Dämpfe I, 124.
Grünfeld, Endoskopie I, 407.
Grundform der Edisonlampe I, 150.
Grundlinien bei perspektivischen Bildern II, 195.
Grundrissentwurf eines Körpers II, 197.
Günther, Ballonphotographie II, 226,

Haake & Albers, Photographisches Instrumentarium für Dilettanten II, 348.
Haarhygrometer II, 124.
Hämotachometer von Vierordt I. 330.
Haen, de, Temperaturbeobachtungen am menschlichen Körper I, 359.
Hänsel, R., Blitzphotographien II, 158.
Hager, Handbuch der Mikroskopie I, 313.
Hallier, Verdienste um Mikrophotographie I, 275.
Haltbares Lichtbild I, 11.
Hamel, Du I, 25.
Handregulator, elektrischer I, 138; — von Sautter-Lemonnier II, 305; — von Baehr II, 325.
Hankel, Temperaturmessungen am menschlichen Körper I, 360.
Hardwich, Trockenplatten I, 261.
Harnecker, Knallgasgebläse I, 113.
Harold, Militärphotographie II, 219.
Harrison, Beobachtungen der Intensität des Sonnenlichtes I, 94.
Harting, Lehrbuch der Mikroskopie I, 299; — Schiebezirkel I, 301.
Hartmann & Co., geradsichtige Prismensysteme I, 67; — Spiegelgalvanometer I, 363.
Hartnack, Embryograph I, 160; — Mikroskop für Mikrophotographie I, 165; — Heliostat I, 209; — Prismen für monochromatisches Licht I, 226
Hartung, photographische Darstellung der Himmelskörper II, 26.
Harze, Verhalten derselben gegen Spektralfarben I, 79.
Hauck, Photogrammetrie II, 216.
Hauer, mikrophotogr. Stativ I, 174.
Hedinger, elektrischer Mundspiegel I, 432.
Hefner-Alteneck, von, Dynamomaschine I, 135.
Heidorn, Venusexpedition 1874 II, 83.
Holiographie auf Kupferplatten II, 408.
Heliographische Instrumente II, 18.
Heliometer II, 79.
Heliometermessung II, 81.
Heliostat von Hartnack I, 209.
Hell, Venusexpedition 1769 II, 82.
Helligkeit im Sonnenspektrum I, 72.
Helmholtz, dessen Stereoskop I, 49; — Augenspiegel I, 390; — Tonschwingungen II, 165.
Helot, Photophor I, 443.
Helwig, Mikrophotographien I, 154.
Henry, Entdeckung eines Nebels durch Photographie II, 191.
Hermagis, Universalobjektive II, 369.
Herschel I, 11; — Experimente betr. Wärmewirkung des Sonnenspektrums I, 74; — Untersuchungen betr. Lichtempfindlichkeit der Eisensalze I, 100; — Anschauung über die Sonne II, 29; — Ansicht von den Sternen II, 66; — Farbenlehre II, 418.
Hervorrufung II, 383.
Hervorrufungskassette, automatische II, 355.

Hervorrufungsraum II, 383.
Herzaktion, Projektion der II, 317.
Herzschlag und Athmung, Transmissionsapparat für I, 346.
Herzspiegel II, 318.
Hessling, v., Mikrophotographien I, 154.
Heurck, v., elektrische Mikroskopbeleuchtung I, 466.
Highley, Photomikroskop I, 190; — transportables Laboratorium I, 265.
Himmelsgewölbe, Eintheilung des II, 6.
Himmelskörper, Substanzen der I, 63; — Spektralanalyse der I, 63.
Hintze, Photogrammetrie II, 214.
Hipp, Chronoskop II, 183.
His, Embryograph I, 160.
Hochdruckverfahren von Meisenbach II, 412; — von Angerer & Göschl II, 412.
Hodgson, Photographien mikroskopischer Gegenstände I, 153.
Hösch, Farbenlichtdrucke II, 426.
Hohlspiegel für Mikroskope I, 218.
Holden, Monographie des Orionnebels II, 68.
Holthof, Buch über elektrisches Licht I, 135
Holtz'sche Influenzmaschine, Photographie der Funken einer solchen II, 154.
Hooke, I, 25; — Interferenz des Lichtes II, 186.
Horizontalprojektion II, 197.
Horizontalwinkel einer Bergkuppe, Bestimmung desselben II, 209.
Horizont bei perspektivischen Bildern II, 195.
Howells, photographische Darstellung der Himmelskörper II, 26.
Huggins, Spektralanalyse der Himmelskörper I, 64; — photographische Darstellung der Himmelskörper II, 26. 50.
Husnik, Handbuch des Lichtdrucks II, 400.
Hut, photographischer II, 366.
Huxley, Mikrophotographien I, 154.
Huyghens I, 25; — Beobachtungen betr. Lichtintensität I, 90.
Hydrooxygengaslicht I, 108.
Hydrostatik, Darstellung der Gesetze der II, 277.
Hydrograph II, 124.
Hygrometer II, 124.
Hygrometergrade II, 124.
Hyrtl'sche Injektionspräparate, Photographie derselben I, 198.

Jablochkoff, dessen elektrische Lampe I, 147.
Jacobi, dessen galvanoplastische Arbeiten II, 408.
Jäger, dessen Augenspiegel I, 394.
James, Photozinkographie II, 219.
Janisch, dessen Mikrophotographien I, 154. 233. 292.
Janssen, photographisch-astronomischer Revolver I, 368; — Sonnenphotographien II, 29; — Kometenphotographien II, 69; — Revolvervorrichtung an photographischen Fernrohren II, 104.
Jaspar, elektrischer Lichtregulator I, 146
Jeffery, Astronom II, 140.
Jirasko, elektrischer Beleuchtungsapparat I, 446.
Imbibitionstechnik I, 303.
Incandescenzlicht I, 148.
Induktionsströme, experimentelle Darstellung der I, 129.
Induktor für Dynamomaschinen I, 133. 134.
Induktor, Ruhmkorff'scher I, 150; II. 152.
Influenzmaschine, Photographie elektrischer Funken einer II, 152.
Ingenhouss, Untersuchungen über die Wirkung des Lichtes I, 52.
Injektionsapparat von Stein I, 307.
Injektionspräparate I, 307.
Injektionstechnik I, 309.
Inklination II, 126.
Inklinationskurven II, 136.
Inklinationsmagnetnadel II, 126.
Inklinationsmagnetograph II, 135.
Inklinatorien II, 126.
Insekten, photographische Darstellung des Fluges derselben I, 379.
Instrumentarium für heliographische Zwecke II, 18; — für photographische Aufnahmen II, 347; — für Photolaryngoskopie I, 455.
Intensität des Erdmagnetismus II, 127.
Intensität des Sonnenlichtes, Beobachtungen über die I, 94.
Intensitätskurven II, 138
Intensitätsmagnetograph II, 137.
Interferenz des Lichtes, Photographie der II, 186.
Jobard I, 10.
Joddämpfe für Silberplatten I, 13.
Jod, dessen Spektrum I Taf. I, Fig. 12
Jodkadmium I, 245.
Jodkali zum Albuminiren der Platten I, 253.
Jodkollodium I, 243.
Jodnatrium I, 245.
Johnson, Pigmentdruckmethode I, 283.
Jordan, Photogrammetrie II, 216.
Joubert's photographische Druckmethode II, 401.

Isodynamische Kurven II, 128.
Isogonische Kurven II, 128.
Isoklinische Kurven II, 128.
Jupiter, Photographien des II, 65.

Kalbs-Rückenmark, Querschnitt durch das I, 290.
Kaleidoskop II, 292.
Kali, chlorsaures, zur Sauerstoffbereitung II, 244.
—, chromsaures und doppeltchromsaures I, 281.
—, neutrales oxalsaures, zum Entwickeln I, 268, II, 384.
Kaliumplatinchlorür für Platinotypien II, 394.
Kalkcylinder II, 249.
Kalklicht, Drummond'sches I, 108; — Knallgasgebläse für I, 108.
Kalklichtapparat II, 241.
Kalotypie I, 16. II, 340.
Kalotypie-Methode von Le Gray II, 340.
Kamera, photographische I, 38; — mit Blasebalg I, 40; — mit doppeltem Blasebalgauszug I, 40; — Erfordernisse derselben II, 346; — Prüfung derselben II, 347; — mit automatischem Hervorrufungsapparat II, 354.
Kamphinöllampe zum Photographiren I, 101.
Kaninchenauge, Hintergrund desselben I, 398.
Kaninchen, Herzschlag und Athmungskurve eines I, 347.
Kanonenkugeln, Photographie des Fluges der II, 220.
Kapillarität II, 277.
Kapillarröhren verschiedener Weite II, 277.
Karawane, Darstellung einer vorbeiziehenden II, 270.
Kardätz, Venusexpedition 1874 II, 84.
Karioskop II, 318; — Lichteffekte desselben II, 319.
Kassette, photographische I, 44; — zu Browning's photographischem Teleskop II, 11; — Prüfung II, 347; — für Trockenplatten II, 349.
Kast & Ehinger, Farbe für Lichtdruck II, 405.
Katoptrisches Fernrohr II, 3.
Katzenauge, hintere Kapsulararterie desselben (Mikrophotographie) I, 298.
Katze, Zunge der (Mikrophotographie) I, Taf. III.
Kehlkopf eines Kindes, Querschnitt durch denselben I, Taf. III.
Kehlkopf, Photographie desselben I, 446. 471.
Kehlkopfphotographie mit elektrischem Bogenlicht von Brown und Behnke I, 452, Tafel VII; — von Czermak I, 447, Taf. VII; — von French I, 451, Taf. VII; — von Stein I, 453, Taf VII.
Kehlkopfspiegel, Gang der Lichtstrahlen im I, 428.
Kehlkopfspiegel und elektrisches Licht I, 425.
Kehlkopfspiegel, verschiedene Formen desselben I, 426.
Kehlkopfspiegel von Liston I, 426; — von Garcia I, 426; — von Türk I, 426; — von Czermak I, 426; — elektrischer von Hedinger I, 432; — mit Wasserkühlung I, 432; — elektrisch montirter von Nitze, I, 440, von Leiter I, 441; — photographischer von Stein I, 453.
Kehlkopfspiegelbilder I, 450.
Kepler I, 24; — Astronomie II, 77.
Kepler'sches Gesetz II, 77.
Kergueleninsel, Venusexpedition nach II, 87.
Kerze, elektrische, von Jablochkoff I, 146.
Kew, Observatorium I, 94. II, 116. 130. 139. 146.
Kind, Schädel eines solchen I, Taf. VII.
Kircher, A., Laterna magica II, 230.
Kirchhoff, Spektralanalyse I, 58. 61; — Spektraltafel I, 62; — Spektroskop I, 68; — Beobachtungen, betreffend Spektrallinien I, 84.
Klangfiguren, Lissajous'sche II, 159.
Klein, J. H., Mondbilder II, 64.
Kliçk, heliographische Arbeiten II, 408.
Klönne & Müller, Mikroskop für Mikrophotographie I, 165; — Projektionsmikroskop I, 168; — Kondensator für Mikroskope I, 225; — mikroskopische Präparate I, 313.
Knallgasbrenner II, 241.
Knallgasgebläse von Harnecker I, 113; — einfaches II, 247; — mit Drehvorrichtung II, 248; — Sicherheitsventile für II, 248; — von Liesegang II, 251; — mit drehbarer Kalkscheibe nach Marey II, 251; — mit athmosphärischer Luft II, 252; — mit Alkohollampe II, 254.
Koch, R., dessen Leistungen auf mikrophotographischem Gebiete I, 154 bis 156; — Bakterienfärbung I, 305.
Kölliker, Lehrbuch der Mikroskopie I, 313.
König's Flammenmanometer II, 171.
Körper auf der Sonne I, 63.
Körting, Mikrotom I, 310.

Kohle für Photographie I, 19.
Kohlenfadenglühlicht I, 149.
Kohlensäure, Verhalten derselben gegen Spektralfarben I, 79.
Kohlenspitzen, Abbrennen derselben I, 137. 138.
Kohlenstoff, Spektrum I, Taf. I, Fig. 11.
Kollmann, Mikrophotographien I, 154.
Kollodionirnng der Glasplatten I, 254.
Kollodiumflasche I, 244.
Kollodiumhaut-Untersuchungen von Paschen II, 71; — von Rutherfurd II, 71; — von Vogel II, 71; — von Eder II, 74; — von Pizzighelli II. 74.
Kollodiumhaut-Zusammenziehung, Methode zur Erkennung der II, 72.
Kollodiumschicht, Abziehen der II, 345.
Kollodiumverfahren II, 339
Kollodiumwolle I, 245.
Komet, Donatischer, Photographie desselben von Warren de la Rue II, 69.
Kometen, Photographie der II, 65. 68.
Komet von 1881, Photographie von Janssen II, 69; — von 1882, Photographie von Gill II, 70.
Kommutator an magnetelektrischen Maschinen I, 131.
Kompass II, 126.
Komprimirter Sauerstoff II, 253.
Kondensator II, 231.
Kondensator für Mikroskope von Gerlach I, 219; — von Dujardin I, 219; — von Benecke I, 219; — von Abbé-Zeiss I, 221; von Seibert I, 224; — von Klönne & Müller I, 225.
Kondensor II, 231
Konkavlinsen I, 33.
Konvexlinsen I, 33.
Kopfhaut des Menschen, senkrechter Schnitt durch die (Mikrophotographie) I, 289; — Querschnitt (Mikrophotographie) I, 290.
Kopflaus (Mikrophotographie) I, 300.
Kopien, farbige I, 279.
Kopirmethoden auf Papier I, 275; — mit Metallsalzen I, 279; — auf Glas I, 284.
Kopirprozess I, 242.
Kopirrahmen I, 241.
Koppe & Moh, Wechselapparat II, 350.
Korona II, 34.
Korrektionsobjektiv von Seibert I, 235.
Krille, Venusexpedition 1874 II, 83.
Krokodile, Photographie derselben I, 463.
Krone, Venusexpeditionen 1874, 1882. II, 83. 93. 192; — Photographie der Sternschnuppen II, 190.
Krüss, Projektionsapparate II, 337.
Kühl & Co., Schnellpressenlichtdrucke II, 405.
Kühne, I, 26.
Künstliche Lichtquellen I, 52. 101.
Küvette aus Guttapercha I, 240; — aus lackirtem Holze I, 240; — aus Glas I, 240; — mit Futteral und Deckel I, 240.
Kupffer, Mikrophotographie I, 185. 292.
Kurvenbilder, Zeitmessung derselben I, 353.
Kymographische Kurve I, 355.
Kymographium von Ludwig I, 354; — photographisches mit elektrischem Licht I, 355; — zur Projektion II, 316.
Kystoskop von Nitze-Leiter I, 421.

Lack, Ablösen desselben von Negativen II, 391.
Lackerbauer, dessen mikrophotographische Arbeiten I, 189.
Lackiren der Platten I, 248. 260. II, 388.
Länge des Spektrums bei verschiedenen Medien I, 67.
Lambert, dessen photometrische Beobachtungen I, 90.
Lampe, elektrische, von Davy I, 137; — von Dubosq I, 140; — von Brush I, 146; — von Jablochkoff I, 147.
—, mit Dochtkohle, von Reynier I, 147; — von Werdermann I, 147; — von Marcus I, 147.
Lampe für pyrotechnisches Licht I, 118.
—, mit Hohlspiegel für Magnesiumlicht I, 106.
Lampenlicht für photographische Arbeiten I, 101.
Landois, dessen Angiograph I, 334; dessen Sphygmograph I, 466.
Landschaften, perspektivische Aufnahme von II, 194.
Landschaftsaplanat von Steinheil II, 368.
Lane Fox, dessen elektrische Glühlampe I, 149.
Laplace, Hypothese betreffend Entstehung der Sonne und Sterne I, 64.
Laryngo-photographische Methode mit Sonnenlicht I, 449.
Laryngoskop nach Waldenburg I, 427.
Laryngoskopie I, 425.
Laryngoskopische Beleuchtungsmethode nach Tobold I, 428.
Laryngoskopische Lampe nach Levin I, 427.
Lassell, Beobachtung des Orionnebels II, 69.
Laterna magica II, 230.

Laussedat, dessen photogrammetrische Versuche II, 198.
Law, dessen Schirm für Gaslicht I, 103.
Lea, C., I, 21.
Le Gray I, 18; — Verbesserungen des Negativprozesses II, 340.
Leiter, endoskopische Apparate I, 416.
—, Wasser- und Stromregulirungs-Apparat I, 424.
—, Rheostat für Endoskopie I, 425.
Leitung durch Wärme II, 281.
Lenhart, Ballonphotographie II, 226
Leth's photoxylographische Methode II, 413.
Leuchtgas für Projektionen II, 247.
Leuchtpulver für Magnesiumlampe I, 107.
Levin, laryngoskopische Lampe I, 427.
Leyser, Venusexpedition 1874, II, 83.
Libelle, photographischer Effekt des Flügels einer fliegenden I, 379.
Libration des Mondes II, 56.
Licht, Apparat zur Zerlegung desselben II, 295.
Licht, Beugungserscheinungen desselben II, 186.
Lichtbilder des Perkussionsschalls I, 384.
Lichtbild, haltbares I, 11.
Lichtbildkunst auf Glas I, 19.
Lichtbogen, elektrischer I, 135; — Regulirung desselben I, 139.
Lichtbrechung durch parallele Flächen I, 30; — durch Prismen und Linsen I, 29. 31; — durch Wasser I, 30; — durch Glas I, 30.
Lichtbrücken in den Sonnenflecken II, 30.
Licht, chemische Wirkungen desselben I, 52.
Lichtdruck I, 20; — unveränderlicher von Albert II, 403; — mit Farben II, 422.
Lichtdruckplatten, Präparation derselben II, 404.
Lichteffekt der Geissler'schen Röhren zu photographischen Arbeiten I, 150.
Licht, Einwirkung von, auf Asphaltlösungen I, 11.
Licht, elektrisches I, 118.
Lichtempfindlichkeit der Eisensalze I, 100; — der Silbersalze I, 8.
Lichterzeugung, elektrische, mittels Bunsen-Elementen I, 120; — mittels Grove-Elementen I, 123; — mittels Tauchbatterien I, 125; — mittels Akkumulatoren I, 128; — mittels magnet-elektrischen Maschinen I, 129; — mittels dynam-elektrischen Maschinen I, 129.
Licht, Geschwindigkeit desselben I, 27.
Lichthemmer I, 256.
Lichtintensität zu verschiedenen Jahreszeiten I, 95.
Licht, Interferenz desselben II, 186.
Lichtkonzentration zu meteorologisch-photographischen Zwecken II, 110.
Lichtleitungsrohr des Magnetographen II, 131.
Lichtmühle, Crookes'sche II, 152.
Licht, Polarisationserscheinungen desselben II, 186.
Lichtpunkt, Centrirung desselben II, 235.
Licht, pyrotechnisches, für photographische Zwecke I, 117.
Lichtquellen, künstliche I, 52. 101.
—, für Mikrophotographie I, 208.
—, verschiedene Leuchtverhältnisse derselben II, 23.
Lichtreflexion von ebenen Flächen I, 30.
Lichtregulator, elektrischer, von Foucault I, 137. 140; — von Serrin I, 137; — von Gaiffe I, 142; — von Stöhrer I, 144; — von Jaspar I, 146.
— für Bühnenzwecke II, 325.
Lichtstrahlen I, 53.
Licht, Totalreflexion desselben durch Wasser II, 290.
Lichtvertheilung auf dem Monde II, 61.
Lichtwellen der Farben I, 27.
Lichtwelle, Theorie der I, 26.
Lichtwirkung, Methoden zu Bestimmung der I, 94.
— auf Chlorsilber I, 97.
Lieberkühn'scher Spiegel I, 195. 227.
Liebreich, Photographie des Augenhintergrundes I, 390; — grosser Augenspiegel mit photographischer Einrichtung I, 396.
Liesegang, dessen Knallgasgebläse II, 250; — Projektionsapparate II, 337; — Buch über Projektionskunst II, 338; — Buch über Ferrotypie II, 344.
Lindsay, Astronomische Photographie II, 48.
Linienbezeichnung von Fraunhofer I, 56.
Linien, die feineren, von Fraunhofer I, 57.
Linsencombination und mikroskopische, Brechungsverhältnisse derselben I, 164.
Linsen im photographischen Apparat I, 35.
Linsen, Prinzip der I, 33; — achromatische I, 35. II, 368.
Lissajous'sche Klangfiguren II, 159. 286.
Liston, Erfinder des Kehlkopfspiegels I, 426.
Literatur, arabische I, 23.
Lithographische Steine II, 401.

Lockyer, Verdienste um die Spektralanalyse der Himmelskörper I, 64; — Photographie des Sonnenspektrums I, 87; — photographischer Spektralapparat I, 87; — Sonnenphotographie II, 35. 46.
Lönholdt, W., Sauerstoffgasbrenner I, 109; II, 250.
Lösungen, photographische, Präparation derselben I, 243.
Lösung, erregende, für Tauchbatterien von Poggendorff, Grenet, Trouvé I, 126.
Löw, Dr., Venusexpedition 1874 II, 83.
Löwe, Photograph I, 462.
Löwy, Farben-Lichtdruck II, 426.
Lohse, Photographie des Sonnenspektrums I, 86; — Einrichtungen am photographischen Teleskop II, 15.
Longitudinalschwingungen der Töne, Optische Darstellung derselben II, 287.
Lucä, Ohrenspiegel I, 399.
Ludwig, Kymographium I, 354,
Lugardon, Momentbilder I, 370.
Luftbild I, 229.
Luftdruckkurve II, 123.
Lupe zum Einstellen II, 380.

Mach, dessen stereoskopisch-anatomische Photographien I, 325; — Photographie abgeschossener Flintenkugeln II, 222; — Optische Experimente II, 288.
Maddox I, 21; — dessen Mikrophotographien I, 154; — Photomikroskop I, 190.
Mädler, dessen Mondkarte II, 50.
Magenbeleuchtung, elektrische I, 423.
Magnesia, kohlensaure, für Kalkcylinder II, 249.
Magnesiastiftbrenner II, 250.
Magnesium-Endoskop I, 409.
Magnesiumlampe II, 235. 241; — mit Hohlspiegel I, 106; — mit Rauchfang I, 107; — für Leuchtpulver I, 107.
Magnesiumlicht für photographische Zwecke I, 105; — chemische Wirksamkeit desselben nach Bunsen und Roscoe I, 105; — für Mikrophotographien I, 212; — zu Projektionszwecken II, 257.
Magnetinduktions-Apparat von Stöhrer I, 130.
Magnetische Erscheinungen, Projektion derselben II, 283.
Magnetische Kraftlinien, Projektionsbild derselben II, 284.
Magnetische Messinstrumente II, 127.
Magnetische Strömungen, Verbreitung derselben auf der Erde II, 128.
Magnetische Sturmkurve II, 129.
Magnetismus II, 282.
Magnetnadel, Ablenkung derselben durch den galvanischen Strom I, 361.
Magnetoelektrische Maschine für Lichterzeugung I, 129.
Magnetographen II, 125; — Grundriss II, 130; — Einzeltheile II, 131; — Uhrwerk II, 138; — Gesammtansicht der, zu Kew II, 139.
Majall, Militärphotographie II, 219.
Malebranche I, 25.
Maloch, Photographie der Sternschnuppen II, 190.
Manipulationen zur Aufnahme einer Sonnenphotographie II, 18.
Manometrische Flammen, Bilder derselben II, 172; — photographische Darstellung derselben II, 171.
Marcus, dessen elektrische Lampe mit Dochtkohle I, 147.
Marcy, Skioptikon II, 237; — Knallgasgebläse mit drehbarer Kalkscheibe II, 251; — Buch über Projektionskunst II, 338.
Marchal I, 20.
Marey, Sphygmograph I, 330; — Kurven auf Papier und Glas I, 332; — Sphygmograph mit Stein's photographischer Einrichtung II, 334; — Transmissionsapparat zur Photographie des Pulses I, 344; — Momentbilder I, 370; — Atelier für photographische Momentbilder I. 370; — Dunkelwagen I, 371; — photographische Flinte I, 377. II, 363; — physiologische Apparate II, 173; — Photographie fallender Körper II, 184.
Mariot, Militärphotographie II, 224; heliographische Arbeiten II, 409.
Mascart, dessen Photographie des Sonnenspektrums I, 76. 86.
Mattes Glas I, 40.
Maulesel, Momentphotographie desselben I, 380.
Maurolycus I, 24.
Mawson, elektrische Mikroskopbeleuchtung I, 466.
Mayer I, 10; — Darstellung der Bewegungen des Menschen beim Gehen I, 376.
Mechanik, Darstellung der Gesetze der II, 276.
Mechanischer Theil des Mikroskops I, 162.
Mechanisches Vorbeischieben der Projektionsbilder II, 269.

Mechanismus für bewegliche Bilder II, 269.
Medizinisch-forensische Photographie I, 387.
Medizin und Photographie I, 381.
Meerestiefen, Photographie in den II, 141.
Megaskop II, 265; — von J. Ganz II, 266.
Megaskopisches Projektionsbild II, 267.
Megaskop, Theorie der Beleuchtungsmethode beim II, 266.
Meisenbach, Phototypien II, 153; Hochdruckverfahren II, 412
Melainotypien II, 344.
Membranen, Tonschwingungen der II, 192.
Meniskusbildung des Wassers und Quecksilbers in Röhren II, 277.
Mensch, laufender, Momentphotographie desselbon I, 372 ff.
Menschliche Haut (Mikrophotographie) I, 289.
Menschlicher Floh I, 294. (Mikroph.)
Menschlicher Fötus, Querschnitt durch den Unterschenkel eines solchen I, Taf. III. (Photogr.)
Menschlicher Organismus, photographische Darstellung der Fortbewegung desselben I, 368.
Menschlicher Puls, graphische Darstellung und Photographie desselben I, 330.
Menschliches Auge, Bau desselben I, 391.
Menschliches Blut, faulendes mit Mikrokokken I, 293.
—, Mikrophotographie I, 269, Taf. VII.
Menschliches Blut, Milzbrandbakterien in demselben I, 293.
Menschliche Temperatur, Photographie derselben I, 359.
Mensch, über ein Seil springend, Momentphotographie I, 373.
Merkurdurchgang II, 76.
Mermet, dessen Stickoxyd-Schwefelkohlenstofflicht I, 115.
Merz, Spiegelteleskop II, 9.
Messinstrument der magnetischen Kraft II, 127.
Messtisch, photographischer, von Chevallier II, 199.
Messungen, mikrophotographische I, 296.
Metallspektra, photographirte I, 89.
Meteorologische Aufzeichnungsmethode II, 113.
Meteorologisch-photographische Aufzeichnungen, Cylinder zu II, 109.
Meydenbauer, dessen photogrammetrische Arbeiten II, 202; — photographischer Theodolit II, 204.
Meyer, dessen Mikrophotographien I, 154. 171; — dessen Photomikroskop I, 171.
Meyerstein, Spiegelgalvanometer I, 363.
Michael, dessen Psychrophos I, 441.
Michelsen, Berechnung der Sonnenentfernung II, 77.
Mikrographische Technik, Geschichtliches I, 153.
Mikrokokkus prodigiosus I, Taf. VI.
Mikrometer, Mikrophotographie eines solchen I, 298.
Mikrometer in der Astronomie II, 6.
Mikrometrische Messungen an Sonnenbildern II, 105.
Mikrophotogramme, stereoskopische, Apparat zur Darstellung derselben I, 196.
Mikrophotographie, Vortheile derselben I, 154; — Objekte für I, 159; — Beziehung derselben zur Pilzforschung I, 156.
Mikrophotographien, einfacher Apparat zur Darstellung von I, 171.
Mikrophotographien bei Sonnenlicht I, 208; — bei Petroleumlicht I, 210; — bei Magnesiumlicht I, 212; — bei Drummond'schem Kalklicht I, 212; — bei elektrischem Licht I, 212.
Mikrophotographischer Apparat, einfacher I, 171; — complicirter I, 175; — zur Darstellung entwickelungsgeschichtlicher Präparate von Benecke und Kupffer I, 185.
Mikrophotographischer Apparat von Stein I, 177; — von Seibert I, 179; — von Grimm I, 180; — von Zeiss I, 181; — von Nachet I, 195.
Mikrophotographische Einrichtung von Woodward I, 190; — von Wolmsley I, 195.
Mikrophotographische Messungen I, 296.
Mikrophotographisches Laboratorium von Benecke I, 251.
Mikrophotographisches Stativ von Hauer I, 174; — von Seibert I, 175; — von Reichardt und Stürenburg I, 175.
Mikrophotographische Technik I, 208.
Mikrophotographische Wippe von v. Babo I, 199; — von Benecke I, 199; — von Fritsch I, 201.
Mikroskopbeleuchtung, elektrische I, 214.
Mikroskop, das, und die mikrographische Technik I, 153.
Mikroskope, Beleuchtungslinsen für I, 218.
Mikroskope, Bestimmung der Vergrösserungswerthe derselben I, 299.

Mikroskope, stereoskopische I, 196.
Mikroskop, grosses, photographisches von Benecke I, 176.
Mikroskopie, erste Anwendung der Glühlichtlampen zur I, 465.
Mikroskopische Arbeiten, Glühlicht zu denselben I, 150.
Mikroskopische Bilder, Einstellen derselben I, 228.
Mikroskopische Forschung, Werth photographischer Darstellungen für dieselbe I, 162.
Mikroskopische Gegenstände, Projektion derselben II, 299.
Mikroskopische Linsenkombinationen, Brechungsverhältnisse derselben I, 164.
Mikroskopische Photographien, von Nachet I, 314; — von Dagron I, 314.
Mikroskopische Präparate, Photographie derselben I, 153; — Herrichtung derselben zur Mikrophotographie I, 302.
Mikroskopische Projektionen, Objekte für II, 311.
Mikroskopisches Sehen, Theorie desselben I, 165.
Mikroskopische Untersuchung lebender Wasserthiere II, 312.
Mikroskopische Verkleinerung durch die Photographie I, 313.
Mikroskopisch-photographischer Apparat von Dagron I, 315.
Mikroskop mit elektrischer Beleuchtung und elebtrisch heizbarem Objekttisch I, 216.
Mikroskop mit Wippe I, 200.
Mikroskop, umgekehrtes, von Nachet I, 169.
Mikroskop, zusammengesetztes I, 162; — einfaches I, 164; — mechanischer Theil I, 162; — optischer Theil I, 163.
Mikrospektroskopischer Apparat für mikrophotographische Zwecke I, 204.
Mikrospektroskopischer Polarisationsapparat von Dippel, Abbé, Zeiss I, 206.
Mikrospektroskop von Browning I, 205.
Mikrotom von Körting, Zeiss I, 310.
Mikulicz, dessen endoskopische Apparate I, 420.
Militärphotographie II, 218; — in England II, 217; — in den Vereinigten Staaten von Nordamerika II, 224; — in Frankreich II, 224; — in Oesterreich II, 224; — in Russland II, 224; — in Holland II, 225; — in Belgien II, 225; — in Bayern II, 225; im Kriege 1870/71 II, 225.
Milzbrandbakterien I, Taf. V.
Minimale Zeiteinheiten, Begriff derselben II, 173; — photoelektrische Messung derselben II, 173.
Mipple, M., Kew.-Observatorium II, 140.
Mischfarben II, 423.
Moderatorlampe II, 234.
Moderne Aufnahmeapparate II, 346.
Möller, Mikroskopische Präparate I, 312.
Möve, fliegende Momentphotographie I, 378.
Mohr, Venusexpedition 1767 II, 82.
Moigno, Buch über Projektionskunst II, 338.
Moitessier, dessen mikrophotographische Arbeiten I, 189.
Molteni, Projektionskunst II, 243. 338.
Momentapparate II, 362.
Momentaufnahmen, Expositionszeit bei I, 468. II, 382.
Momentbilder von Muybridge I, 369; — von Lugarden I, 370; — von Anschütz I, 370; — von Barnard I, 370; — von Anderson I, 370; — von Marey I, 370.
Momentograph von v. Schlicht II, 365.
Momentverschlüsse, Schematische Darstellung der, I, 42.
Momentverschluss I, 454; — für Stereoskopkamera I, 41; — mit Fallbrett I, 42; — elektromagnetischer I, 43. 257; — am Teleskop II, 16; — von Meinek II, 20; — zu Secchi's photographischem Teleskop II, 23; für astronomische Messungen II, 99; — pneumatischer II, 359; — mit Feder II, 361; — von Thury & Amey II, 362.
Monckhoven, von, Untersuchungen betreffend Spektralanalyse I, 76; — Apparat zur Photographie des Sonnenspektrums I, 77; — Untersuchungen betreffend Wirkung der Spektralfarben auf Silbersalze I, 78.
Mond II, 49.
Mondbilder, stereoskopische von Rutherfurd II, 58.
Mondkarte von Mädler und Bär II, 50. 63; — von J. Schmidt II, 62.
Mond, Libration desselben II, 56; — Lichtvertheilung auf demselben II, 61.
Mondoberfläche, Schema der, II, 50; — Gestalt und Form der II, 60.
Mondphase, photographische II, Taf. I, Fig. 5 und 6.
Mondphotographien von Rutherfurd II, 50, Taf. I, Fig. 5 und 6; — von Bond II, 50; — von Whipple II, 50; — von Black II, 50; — von Warren de la Rue II, 50; — von Phillips II, 50; — von Secchi II, 50; — von

Fry II, 50; — von Huggins II, 50; — von Weinek II, 54; — von Ellery II, 62; — von Draper II, 63; — von Neyt II, 63; — von Schröder II, 64.
Mondphotographien, Schwierigkeiten derselben II, 52; — wissenschaftlicher Werth derselben II, 55.
Mondsichel, ein Stück der II, 61.
Monochromatisches Licht, Prismen für, von Hartnack I, 226.
Morten, astronomische Photographie II. 42.
Moser, Thaubilder I, 99.
Mouchez, Astronom II, 70.
Moule, pyrotechnisches Licht für photographische Zwecke I, 117,
Müller, elektrische Glühlampen I, 149. 213.
Multiplikator II, 344; — mit 4 Objektiven I, 447.
Muskeltrichinen (Mikrophotographie) I, 292.
Muskelzuckungen, Photographie von I, 358.
Muybridge, Momentbilder I, 369.

Nachdunkelungsprocess I, 247.
Nachet, dessen Mikrophotographien I, 154. 314; — umgekehrtes Mikroskop I, 169; — mikrophotographischer Apparat für opake Gegenstände I, 195; — stereoskopisches Mikroskop I, 196;
Nadar, Ballonphotographie II, 226.
Nasenhöhle, Beleuchtung derselben I, 429.
Nasmyth (Sonnenflecken) II, 30; — Ringgebirge Tycho II, 59.
Nasmyth und Carpenter, Atlas der Mondgeographie II, 64.
Natrium, dessen Spektrum Taf. I, Fig. 4.
Natriumlinien, Umkehrung der I, 58; — Apparat dafür I, 59; — Darstellung der I, 59; — objektive Darstellung der II, 297.
Natron, chromsaures und doppeltchromsaures I, 281; — doppeltkohlensaures für Goldbad I, 278; — unterschwefligsaures zur Fixirung I, 247. 268. 278.
Natur des Lichtes, Ansichten über die I, 22.
Navicula lyra (Mikrophotographie) I, Taf. III.
Nebelbilder, Darstellung derselben II, 259.
Nebel, Entdeckung eines solchen durch Photographie II, 191.
Nebelflecke, Photographie derselben II, 68.
Nebenapparate für Projektionen II, 268.
Neck, J. de, photographischer Hut II, 366.
Negativbilder, erste I, 16.
Negativdruck II, 406.
Negative, Schwärzen derselben I, 269; — Vergrösserung I, 271; — Abschwächung II, 387; Verstärken II, 388; — Lackiren II, 388; — Abziehen von der Glasplatte II, 389.
Negativer Pol an Influenzmaschinen, photographische Wirkung desselben II, 155.
Negativer Pol, dessen Spektrum I, Taf. I, Fig. 14,
Negativpapier, Herstellung desselben II, 353.
Negativplatte, Sensibilisirung derselben I, 245.
Negativprocess in der Kamera I, 98; — Theorie desselben I, 99; — Utensilien für I, 239.
Negativumkehrungsapparat von Talbot II, 406.
Negativverfahren von Le Gray und Archer I, 18.
Nègre, dessen heliographische Arbeiten II, 408.
Nervenleitung, experimenteller Nachweis der Geschwindigkeit derselben II, 174.
Netzhauteindrücke, Permanenz der II, 296.
Netzhaut, Photographie derselben, I, 397.
Neumeyer, Photographie in den Meerestiefen II, 141.
Newcomb, Venusexpedition II, 93.
Newton, dessen Meinung über die Natur des Lichtes I, 25; — dessen Verdienste betr. Spektralanalyse I, 55; — Interferenz des Lichtds II, 186.
Newton'sche Ringe II, 186.
Newton's Farbenspektrum I, 56.
Neyt, Mondphotographie II, 63.
Nicod, dessen photometrische Beobachtungen I, 90.
Nicol'sches Prisma II, 187. 291.
Niépce, J., I, 8. 11. 12.
Niépce de St. Victor. I, 18. 20; — dessen Versuche über Lichtwirkungen I, 99; — dessen Albuminverfahren I, 285. II, 340; — Farbenphotographie II, 419.
Niépcotypie II, 343.
Nitze, dessen endoskopische Apparate I, 416; — elektrisch montirter Kehlkopfspiegel I, 440.
Nitze-Leiter, deren Endoskop I, 421; — Kystoskop I, 421; — Rektoskop I, 422; Gastroskop I, 423; — elektrisch montirter Kehlkopfspiegel I, 441.
Nobert'sche Probetäfelchen I, 301.
Nörrenberg'scher Spiegel-Prismenapparat II, 187.

Nonius II, 6.
Nordlicht, Photographie desselben II, 192.

Obernetter I, 20. 21; II, 214; — dessen photographische Druckmethoden II, 401. 405; — Farbenlichtdruck II, 426.
Objekte, Grössenberechnung derselben I, 299.
Objekte, gute Beleuchtung derselb. I, 180.
Objekte für Mikrophotographien I, 159; — für mikroskopische Projektionen II, 311.
Objektive, photographische I, 36; — einfache I, 37; — Doppel- I, 37; — zu Projektionszwecken II, 233; — zur Photogrammetrie II, 207; — von C. A. Steinheil Söhne II, 367; — von Voigtländer II, 367; — von Busch II, 367.
Objektive Darstellung der Natriumlinie I, 59. II, 297.
Observatorium der Venusexpedition auf den Aucklandinseln II, 84; — auf der Kergueleninsel II, 88.
Ohrenspiegel von Lucae I, 399; — von Brunton I, 400.
Ohrentrichter I, 399.
Okular mit Momentanverschluss II, 13.
Okular, photographisches, von Browning II, 11.
Olivinlicht von Harnecker I, 115; II, 241.
Opakapparat, kleiner, von J. Ganz II, 267.
Opake körperliche Gegenstände, Projektionsapparat für II, 264.
Operationen, photographische I, 252.
Ophthalmoskop, photographisches I, 390.
Oppolzer, Astronomische Photographie II, 37.
Optik der zusammengesetzten Mikroskope I, 165.
Optik, Projektionen aus dem Gebiete der II, 288.
Optische Darstellung der Töne II, 161, 286.
Optische Projektionskunst, Allgemeines II, 229.
Optischer Anschauungsunterricht, Werth desselben II, 229.
Optischer Focus II, 370.
Optischer Theil des Mikroskops I, 163
Optische Täuschung mit parallelen Linien II, 295.
Orion-Nebel, Photographie desselben von Draper II, 68; — von A. Common II, 69; — Zeichnung von Bond II, 68; — Beobachtung desselben von Ross und Lassel II, 69.
Orthochromatische Platten II, 391.
Orthoskop I, 37; — von Voigtländer II, 369.
Ortszeit, photographische Bestimmung der II, 93. 103.
Osborne's photographische Druckmethode II, 401.
Otoskop, photographisches I, 401.
Ozanam, photographische Darstellung des Herzschlages I, 326.

Paccinotti, dessen Induktor für Dynamo-Maschinen I, 134.
Paccinoti'scher Ring I, 135.
Panmure, Militärphotographie II, 219.
Pannotypien II, 345.
Pantoskop, zur Photogrammetrie II, 206.
Pantoskop von Busch II, 369.
Papierabdrücke, Korrektion der Verzerrung derselben II, 218.
Papier-Negativ-Verfahren II, 341.
Papierrolle zur Rollkassette II, 353.
Parabelform, Ausfluss des Wassers in II, 278.
Parabolischer Projektionsspiegel II, 327.
Parallele Linien, optische Täuschung mit denselben II, 295.
Parleur mikrophonique I, 329.
Paschen, Photographie der Sterne II, 66; — Kollodiumhautuntersuchungen II, 71.
Parr, Verbesserung des Negativprozesses II, 340.
Pauli, Negativpapier II, 356.
Pechüle, Venusexpedition 1874 II, 83.
Pediculus capitis I, Taf. VI.
Perkussionsschall, Lichtbilder desselben I, 384.
Permanenz der Netzhauteindrücke II, 296.
Perspektive, Regeln derselben von A. Dürer II, 197.
Perspektivische Aufnahme von Landschaften II, 194.
Perspektivische Zeichnungen, Eigenthümlichkeiten derselben II, 193.
Perspektrograph von Ritter II, 216.
Petroleumlampen I, 101; II 234.
Petroleumlicht für Mikrophotographien I, 210.
Petzval I, 35.
Pferdekrätzmilbe (Mikrophotographie) I, Taf. VI.
Pflanzenwuchs, Wirkung der Spektralfarben auf denselben I, 80.
Phantasmagorien, Projektionsapparat für II, 263.
Phillips, Photographische Darstellung der Himmelskörper II, 26. 50.
Phosphoreseirende Stoffe, Lichtausstrahlung derselben I, 75.
Photochromotypien II, 426.
Photoelektrische Messungen minimaler Zeiteinheiten II, 173.
— Zeitmessung II, 179.
Photoelektrograph II, 147.

Photo-Endoskop I, 403. 414.
Photo-Galvanographie II, 408.
Photogenlampen I, 101.
Photogrammetrie II, 193; — erste praktische Verwendung derselben II, 198; — Objektive zur II, 207; — in Preussen II, 206; in Italien II, 213; — im Kriege 1870/71 II, 213.
Photogrammetrische Arbeiten, von Laussedat II, 198; — von Chevalier II, 198; — von Meydenbauer II, 202.
Photogrammetrische Aufnahme eines Festungsterrains II, 203.
Photogrammetrische Darstellung eines Thurmes II, 210.
Photographie, erste Anfänge der I, 8.
Photographie der Akkorde II, 167.
— der Beugungserscheinungen des Lichtes II, 186.
— des Blitzes II, 148. 157.
— des elektrischen Funkens II, 148. 152.
— der Fixsterne II, 65.
— der Flintenkugeln II, 222.
— der Interferenz des Lichtes II, 186.
— der Kanonenkugeln II, 220.
— des Kehlkopfs I, 446, 471.
— der Kometen II, 65. 68.
— des menschlichen Pulses I, 330.
— der menschlichen Temperatur I, 359.
— des Mondes II, 49.
— von Muskelzuckungen I, 358.
— der Nebelflecke II, 68.
— der Netzhaut I, 397.
— des Nordlichts II, 192.
— des Orionnebels II, 68.
— der Planeten II, 65.
— der Polarisationserscheinungen des Lichtes II, 186.
— der Sonne II, 28.
— des Sonnenspektrums I, 74; — von Rutherfurd I, 85; — von Vogel I, 86; — von Lohse I, 86; — von Mascart I, 86; — von Cornu I, 86; — von Draper I, 86; — von Lockyer I, 87; — von Capron I, 87.
— der Sterne II, 65; — von Warren de la Rue II, 66; — von Paschen II, 66; — von Bond II, 66; — von Rutherfurd II, 66; — von Pickering II, 66; — von Schulz-Sellack II, 67.
— der Sternschnuppen II, 190.
— der Töne II, 159.
— eines Dreiklangs II, 166.
— fallender Körper II, 185.
Photographie in der ärztlichen Diagnostik I, 323. 381.
— — — Anatomie I, 323.
— — — Anthropologie I, 323. 456.
— — — Chirurgie I, 381.
Photographie in der Medizin I, 381.
— — den Meerestiefen II, 141.
— — der Physiologie I, 326.
— — natürlichen Farben I, 383.
— im Hospital I, 383.
— manometrischer Flammen II, 171.
— mikroskopischer Präparate I, 153.
Photographien, stereoskopisch-mikroskopische I, 197.
Photographie schwingender Saiten II, 166.
— und ärztliche Untersuchungsmethoden I, 381.
— — Astronomie II, 1.
— — Meteorologie II, 109.
— — Militärwissenschaften II, 218.
— — physikalische Forschung II, 146.
— — Physiognomik I, 464.
— — Zoologie I, 462.
—, Utensilien und Chemikalien für I, 239.
Photographiren von Bakterien I, 180.
Photographirte Depeschen I, 318.
— Metallspektra I, 89.
— Tonschwingungen II, 163.
Photographisch-astronomische Kassette II, 98.
— — Messungen II, 71.
— — Resultate II, 26.
Photographische Aufnahme des Bildes I, 256.
— Bestimmung der geographischen Länge und Ortszeit II, 93.
— Buntdruckverfahren II, 426.
— Camera I, 38. II.
— Darstellungen, Werth derselben für die mikroskopische Forschung I, 162.
— Flinte von Marey I, 377. II, 363.
— Kassette, einfache I, 44; — Doppel- I, 45.
Photographisch-elektrische Pulsübertragung I, 350.
Photographische Objektive I, 36.
— Operationen I, 252.
— Optik I, 22.
— Pistole von Skaife II, 363.
— Prozesse, Theorie derselben I, 96.
Photographischer Flutenmesser II, 143.
— Hut von J. de Neck II, 366.
— Kehlkopfspiegel nach Stein I, 453.
— Messtisch von Chevallier II, 198.
— Polarisationsapparat II, 187.
— Pressendruck II, 399.
— Pulsmanometer I, 341.
— Revolver von Enjalbert II, 363.
— Specktralapparat von Lockyer I, 88.
— Theodolit von Meydenbauer II, 204.
Photographisches Atelier, fliegendes, des preussischen Generalstabes 1870/71 II, 215.
— Elektrometer II, 146.
— Fernrohr von Secchi II, 20.

Photographische Silbermoleküle I, 99.
Photographisches Mikroskop von Benecke I, 176; — von Stein I, 177; — von Zeiss I, 181.
— Okular von Browning II, 11.
— Ophthalmoskop I, 390.
— Reisezelt II, 378.
— Sonnenbild nach Selvyn II, 32.
— Sonnenspektrum mit Fraunhofer'schen Linien II, Taf. I, Fig. 4.
— Teleskop von Browning II, 10; — von C. A. Steinheil Söhne II, 97; — zu Greenwich II, 14; — zu Bothkamp II, 16.
Photographisches Uhrwerk am Wilnaer Fernrohre II, 12.
— Verfahren und die mikrophotographische Aufnahme I, 238.
Photographische Sternbeobachtungen, Vortheile derselben II, 1.
Photographische Technik für wissenschaftliche Zwecke II, 339.
Photoheliographisches Mikroskop von Bertsch I, 189.
Photokymographium mit elektrischem Licht I, 355; — in Thätigkeit I, 357; — Kurven desselben I, 356. 358.
Photolaryngoskopie, Gesammtinstrumentarien für I, 455.
Photolaryngoskopische Methode von Czermak I, 447; — von Stein I, 449. 453; — von French I, 451; — von Brown und Behnke I, 452.
Photolithographie II, 399.
Photometer von Rumford I, 90; — von Bunsen I, 91; mit präparirtem photographischen Papier I, 92.
Photometrie I, 89.
Photomikrometrie, Vortheile derselben I, 296.
Photomikroskop von Meyer I, 172; — von Gerlach I, 172; — von Stein I, 173; — von Highley I, 190; — von Maddox I, 190; — von Woodward I, 192.
Photo-Ophthalmoskop I, 395.
Photo-Otoskop I, 401.
Photo-Phonograph II, 170.
Photophor von Trouvé-Helot I, 443.
Photo-Psychrograph II, 111.
Photoskulptur II, 413.
Photosphäre II, 29.
Photosphygmische Pulskurven I, 337.
Photosphygmograph I, 335; — ohne Hebelvorrichtung I, 341.
Photothermograph, Beleuchtungseinrichtung an demselben I, 364.
Photothermographium I, 365.
Phototypien II, 403.
Photoxylographien I, 293; II, 413.
Photozinkotypien I, 291.
Physikalische Experimente II, 275. 299.
— Forschung, Photographie und II, 146.
Physiognomisch-photographische Studien I, 464.
Physiologische Photographie I, 326.
Physiologische Vorgänge, Projektion derselben II, 313.
Pickering, Photographie der Sterne II, 66.
Pierson I, 10.
Pietsch, Photogrammetrie II, 217.
Pigmentdruckmethode von Johnson und Swan I, 283.
Pigmentdruckprozesse I, 281.
Pigmentpapier I, 282.
Pinakoskop von Ganz II, 239; — Lampe dazu II, 235. 240.
Pingré, Venusexpedition 1769 II, 82.
Pipette für Projektionstrog II, 272.
Pistole, photographische, von Skaife II, 363.
Pizzighelli, II, 74.
Placet, heliographische Arbeiten II, 408.
Planeten, Photographie der II, 65; — von Warren de la Rue II, 67.
Planspiegel für Mikroskope I, 218.
Planté, Akkumulator I, 416.
Platindrahtglühlicht I, 149.
Platinotypien II, 394.
Plato I, 22.
Platten, Aufbewahrungskasten für I, 239.
Plattenfehler II, 390.
Plattenförmiges Knallgasgebläse II, 250.
Plattenheber von Braun II, 386.
Plattenwechsel im Freien I, 265.
Plejaden, Photographie derselben II, 67.
Pleurosigma angulatum (Mikrophotographie) I, 274; I, Taf. IV. V.
— attenuatum (Mikrophotographie) I, Taf. IV.
— formosum (Mikrophotographie) I, Taf. V.
Plössl, Mikrophotographie I, 154.
Plössl & Co., Projektionsmikroskop II, 305.
Pneumatischer Halter I, 253.
— Momentverschluss II, 359.
Pneumatische und elektrische Uebertragung, Doppeltransmission für I, 349.
Poggendorff'sche Kompensationsmethode II, 374; — Lösung für Tauchbatterien I, 126.
Pohl, Mikrophotographie I, 154.
Poitevin I, 20; — photographische Druckmethode II, 401; — Farbenphotographie II, 419.

Polarisationsapparat I, 204; II, 187; — von Des Cloiseaux II, 188.
Polarisationserscheinungen des Lichtes, Photographie derselben II, 186.
Polarisations-Projektionsapparat II, 291.
Polyskop von Trouvé I, 433.
Porta I, 24. 39. 47.
Porzellanschalen I, 239.
Positive Bilder auf Glas I, 285; — auf Gelatine-Trockenplatten I, 287.
Positive Kopien mittels Vergrösserungsapparat II, 396.
Positiver Pol an Influenzmaschinen, photographische Wirkung desselben II, 155.
— —, dessen Spektrum I, Taf. I, Fig. 13.
Positivprozess I, 242; II, 392.
Pottasche zum Entwickeln II, 387.
Präparate, mikroskopische, Herrichtung derselben zum Photographiren I, 302; Konservirung derselben I, 313.
Präparation der Chemikalien und Lösungen I, 243.
— des Wachspapiers II, 341.
Praesepe, Photographie des Sterns II, 67.
Prager, Lichtdrucke I, 292.
Pressendruck, photographischer II, 399.
Pretsch, Erfinder der Heliographie II, 408.
Prinzip der Linsen I, 33.
— — stereoskopischen Apparate I, 49.
— — Differentiallampe I, 145.
— des Dochtkohlenglühlichts I, 148.
Prisma I, 30.
Prismen, achromatische I, 34.
Prismen-Combination von Braun I, 68.
Prismen für monochromatisches Licht von Hartnack I, 226.
Prismenstereoskop I, 49.
Prismensystem, geradsichtiges I, 68.
Prismenvorrichtung zur Projektion horizontal liegender Gegenstände II, 309.
Pristley, Versuche über den Einfluss des Lichtes auf die Pflanzen I, 52.
Projektion physikalischer und chemischer Experimente II, 275—299.
— des Elektroskops II, 276.
— der Gesetze der Mechanik II, 276.
— — — — Hydrostatik II, 277.
— aus dem Gebiete der Wärmelehre II, 280.
— — — — — Elektrizitätslehre und des Magnetismus II, 282.
— magnetischer Erscheinungen II, 283.
— aus dem Gebiete der Akustik II, 286.
— von Tonschwingungen II, 288.
— aus dem Gebiete der Optik II, 288.
— des Sonnenspektrums II, 294.
— aus dem Gebiete der Spektralanalyse II, 296.
Projektion chemischer Experimente II, 298.
— mikroskopischer Gegenstände II, 299.
— anatomischer Präparate II, 313.
— zoologischer Präparate II, 313.
— physiologischer Vorgänge II, 313.
— des Blutkreislaufs II, 313.
— von Kurvenbildern II, 315.
— der Herzaktion II, 317.
— aus dem Gebiete der Astronomie II, 320
— querliegender Gegenstände II, 272.
Projektionen, elektrisches Bogenlicht zu denselben I, 150.
Projektionsapparate, die üblichen II, 236; — mit Magnesiumlampe II, 257; — für spezielle Unterhaltungszwecke II, 258; — für Nebelbilder II, 258; — für Phantasmagorien II, 263; — für durchsichtige körperliche Gegenstände II, 264; — für opake Gegenstände II, 264; — vortikaler II, 282.
Projektionsapparate, Verwendung derselben zu Unterrichtszwecken II, 275.
Projektionsbilder, Anfertigung derselben II, 334.
Projektionsbilder, Doppelschieber für II, 269.
—, farbige Scheiben für II, 271.
—, mechanische Vorrichtung zum Vorbeischieben der II, 269.
Projebtionsbild, megaskopisches II, 267.
Projektionsbild magnetischer Kraftlinien II, 284.
Projektionsfläche II, 275; — transportable aus Shirting II, 275.
Projektionsgalvanometer II, 282.
Projektionskaleidoskop II, 293.
Projektionskamera für Geistererscheinungen II, 332.
Projektionskunst im Theaterwesen II, 322.
—, optische, Allgemeines II, 229.
Projektionskymographium II, 316.
Projektionslampe, einfache II, 236.
Projektionslaterne, primitive II, 230.
Projektions-Mikroskop von Schröder I, 188; II, 302; — von Plössl & Co. II, 306; — für schwache Vergrösserungen II, 300; — für mittelstarke Vergrösserungen II, 301; — für starke Vergrösserungen II, 302; — Strahlenbrechung im II, 300.
Projektions-Spektatorien II, 321.
Projektionsspiegel, parabolischer II, 327.
Projektionsstroboskop II, 296.
Projektionstrog II, 271; — Centrirapparat für denselben II, 271.

Projektionsvorrichtung für chemische Analyse II, 299.
Protuberanzen der Sonne II, 34; — Höhe derselben II, 42.
Pseudo-stereoskopisches Mikroskop I, 198.
Psychrometer II, 111.
Psychrophos von Michael I, 441.
Pulshammer von Stein I, 338.
Pulskurve, photographirte I, Taf. VII.
Pulskurve von Marey I, 332; — photosphygmische I, 337. 339; — von Winternitz I, 342; — eines Herzkranken I, 352.
Pulsmanometer I, 341.
Puls, menschlicher, graphische Darstellung und Photographie desselben I, 330.
Pulsspiegel von Czermak I, 333.
Putzbrett I, 253.
Pyrogallol zum Entwickeln II, 387.
Pyrogallussäure zum Entwickeln I, 246.
Pyrohydrogenlampe II, 252.
Pyrotechnisches Licht für photographische Zwecke I, 117.
Pythagoras I, 22.

Quecksilberchlorid für Nachdunkelung (Verstärkung) I, 247. 268; II, 389.
Quecksilberdämpfe I, 15.
Quecksilber, Hebung von, durch elektrische Ströme II, 278.
Quecksilberhervorrufung I, 15.
Quecksilber, Meniskusbildung desselben in Röhren II, 277.
Queksilber-Thermometer II, 109.
Querliegende Gegenstände, Projektion derselben II, 272.
Quidde, Photogrammetrie II, 214.

Radiometer I, 28.
Raja torpedo, Nervenendigungen im elektrischen Organ von, (Mikrophotographie) I, 295.
Ratte, Querschnitt durch den Unterkiefer einer I, Taf. VI.
Redard, dessen Thermo-Galvanometer I, 367.
Reflektoren, elektrisch montirte I, 439; — für Bühnenzwecke II, 328.
Reflektor für Gaslicht zu photographischen Aufnahmen I, 103.
Reflektor, Spiegelung der Lichtstrahlen im II, 4; seitliche Stellung des Okulars am II, 4.
Reflexionsteleskop II, 3.
Refraktionsfernrohr II, 3.
Refraktor, Stellung der Linsen im II, 3; — Brechung der Lichtstrahlen im II, 4.
Regeln der Perspektive von A. Dürer II, 197.
Regenbogen, Darstellung des, auf der Bühne II, 332.
Regulirung des Lichtbogens I, 139.
Reibnitz, von, Venus-Expedition 1874 II, 87.
Reich, dessen Verdienste um die Spektralanalyse I, 69.
Reichardt, dessen mikrophotographisches Stativ I, 175.
Reimann, Venusexpedition 1874, II, 84.
Reinigung der Glasplatten I, 252.
Reisezelt, photographisches II, 378.
Rektoskop, Nitze-Leiter'sches I, 422.
Reliefdruck von Woodbury II, 402.
Resultate der astronomischen Photographie II, 26.
Retouchirlösung II, 393.
Revolver, photographischer II, 363.
Revolvervorrichtung für fünf Objektive I, 234; — an photographischen Fernrohren von Janssen, Christie, Dallmeyer II, 104.
Roynier, dessen elektrisehe Lampe mit Dochtkohle I, 147.
Rhinoskopie I, 425.
Riche, Verwendung des Stikstoff-Schwefelkohlenstofflicht für photographische Zwecke I, 117.
Richter, dessen Verdienste um die Spektralanalyse I, 69.
Riedel, dessen erste stereoskopische Mikroskope I, 196.
Ringler, Photographie abgeschossener Flintenkugeln II, 224.
Ringer, heliographische Arbeiten II, 408.
Ritter, Untersuchungen betr. Lichtempfindlichkeit der Silbersalze I, 75.
Ritter, H., Prospektograph II, 216.
Rives, Albuminpapier I, 276.
Rodig, C., Mikroskopische Präparate I, 313.
Römer, Olaf, Berechnung der Sonnenentfernung II, 76.
Römmler & Jonas, Lichtdruck I, 291; II, 405.
Rollenmechanismus der Eastman-Kassette II, 352.
Rollkassette von Warnerke II, 351; — von Eastman & Walker II, 351.
Ronalds, F., photographische Aufzeichnungen des Barometerstandes II, 120; Apparat zur Registrirung der elektrischen Spannung in der Atmosphäre II, 146.
Roscoe, photometrische Beobachtungen I, 90—95; — Apparat zur Messung der Lichtintensität I, 93; — Astronomische Photographie II, 46.

Rosebrugh, Photographie des Augen-Hintergrundes I, 390; — Photo-Ophthalmoskop I, 395.
Ross, Verbesserungen an stereoskopischen Mikroskopen I, 196; — Tripelkondensator II, 231.
Rosse, Beobachtungen des Orionnebels II, 69.
Rotationsapparat zum Zwecke elektrischer Beleuchtung I, 132.
Rotationsspirale I, 132.
Roth, K. de I, 8. 10.
Rother Cylinder II, 379.
Rousselon, heliographische Arbeiten II, 408.
Rubidium, dessen Spektrum I, Taf. I, Fig. 7.
Rückwärtsabschneiden, Methode des II, 210.
Rüdinger, Atlas der Nervenanatomie I, 325.
Ruhmkorff'scher Induktionsapparat, zur Erzeugung von Glimmlicht I, 150. 152; — Photographie der Funken eines solchen II, 157.
Rumford, Photometer I, 90.
Russel I, 21; Trockenplatten I, 261.
Rutherfurd, spektralanalytische Untersuchungen I, 76; — Photographie des Sonnenspektrums I, 84; — hervorragende astronomische Photographien II, 27; — Sonnenphotographien II, 29. II, Taf. I, Fig. 1; — Mondphotographien II, 50, Taf. I, Fig. 5. 6; — stereoskopische Mondbilder II, 58; — Photographie der Sterne II, 66; — Kollodiumhaut-Untersuchungen II, 71.
Rziha, astronomische Photographie II, 37.

Saite, schwingende II, 165.
Salcher, Photographie abgeschossener Flintenkugeln II, 224.
Salpetersäure für Silberlösung I, 245.
Salpetersaures Silber, Bereitung desselben, I, 246.
Satinirpresse I, 242.
Saturn, dessen Photographie II, 65.
Sauerstoff, dessen Spektrum I, Taf. I, Fig. 8.
Sauerstoffalkoholkalklicht II, 235.
Sauerstoff, comprimirter II, 253; — Compressions-Cylinder für I, 113; — Bereitung desselben I, 244.
Sauerstoffgasbehälter I, 110.
Sauerstoffgasbereitung im Grossen I, 112.
Sauerstoffgasbrenner II, 250: — von Lönholdt I, 109; — von Tessié du Mothay I, 109.
Sauerstoffgas, Darstellungsweise desselben I, 111; — Gasometer für I, 111.
Sautter-Lemonnier, elektrischer Handregulator II, 305.
Scamoni, Heliographie und Galvanoplastik II, 225. 408.
Schablonen für die Bildformung II, 268.
Schädel eines sechsjährigen Kindes I, Taf. VII; — eines Schimpanse I, Taf. VII.
Schale für chemische Versuche II, 273.
Schall, Geschwindigkeit desselben I, 27.
Schaub, dessen Flutenmesser II, 143.
Schaukelapparat für Entwicklungsschalen II, 385.
Scheele, Untersuchungen über das Verhalten der Mineralien gegen Licht I, 10. 52. 75.
Scheiben, farbige, für Projektionsbilder II, 271.
Scheiner, I, 25.
Schellen, Spektralanalyse I, 63.
Schema der Sonnenoberfläche II, 31; — der Mondoberfläche II, 53.
Schildkröte, Durchschnitt durch das Auge einer kleinen I, Taf. VI.
Schimpanse, Schädel desselben I, Taf. VII.
Schirm für Gaslicht von Law I, 103.
Schleussner, dessen Trockenplatten I, 267; II, 151.
Schlicht, v., dessen Momentograph II, 365.
Schmidt, J., Astronom II, 28; — dessen Mondkarte II, 62.
Schnauss, dessen Trockenplatten I, 261; — photographisches Lexikon, II, 148.
Schober & Beckmann, Schnellpressen-Lichtdrucke II, 405.
Schönbein, Erfinder der Schiessbaumwolle I, 243.
Schröder, Projektions-Mikroskop I, 188; II, 302; — Mondphotographien II, 64.
Schultz-Sellack, Untersuchungen betreffend Spektralanalyse I, 76; — Photographie der Sterne II, 67.
Schulze, Dr. J. H., I, 8.
Schur, Venus-Expedition 1874, II, 83.
Schwärzen der Negative I, 269.
Schwier, Photogrammetrie II, 214.
Scolik & David, Expositionsbemessung bei Momentaufnahmen I, 468.
Secchi, dessen Verdienste um die Spektralanalyse der Himmelskörper I, 64; — photographisches Fernrohr II, 20; — Uhrwerk zu demselben II, 21; — Momentanverschluss II, 23; — photographische Darstellung der Himmelskörper II,

26; — Sonnenphotographien II, 35; — Mondphotographien II, 50.
Secretan, Spiegelteleskop II, 8.
Seebeck, Farbenlehren II, 418.
Seeliger, Venus-Expeditionen 1874 und 1882 II, 83. 93.
Sehvermögen der Silberplatte I, 98.
Sehpurpur, Entdeckung des I, 26.
Sehstrahlen II, 193.
Sehwinkel II, 193.
Seibert, dessen Mikroskop für Mikrophotographie I, 165; — mikrophotographisches Stativ I, 175; — mikrophotographischer Apparat I, 179; — Methode zur Herstellung von Mikrotypien I, 203; — Condensator für Mikroskope I, 224; — Korrektionsobjektiv I, 235.
Seifenmembranen, optische Darstellung der Schwingungen derselben II, 287.
Sell, E., Verwendung des Stickstoff-Schwefelkohlenstofflichts für photographische Zwecke I, 116.
Selvyn, Sonnenphotographie II, 32.
Seneca I, 23.
Sennebier I, 10; — Untersuchungen über die Einwirkung des Sonnenlichtes auf die Pflanzen I, 52.
Sonnefelder, Erfinder des Steindrucks II, 400.
Sensibilisirung der Negativplatte I, 245.
Sensitometer von Warnerke II, 372; — von Edison II, 374
Serrin, Lichtregulator I, 137. 140.
Schadbolt, Mikrophotographie I, 154; — Ballonphotographie II, 226.
Sicherheitsventile in den Gasröhren I, 110; — für Knallgasgebläse II, 248.
Siemens, photometrische Arbeiten I, 93; — Verbesserung der magnetelektrischen Maschine I, 133; — Induktor I, 133; — Doppel-T-Maschine I, 133; — Entdeckung des dynamo-elektrischen Prinzips I, 134; — elektrische Glühlampen I, 149; — Gasbrenner II, 241.
Siemens & Halske, Dynamomaschinen I, 135.
Silberbad II, 393.
Silberbadhaken I, 240.
Silberbaum II, 284.
Silberdrucke II, 392; — von Wedgewood & Davy I, 10.
Silberer, Ballonphotographie II, 226.
Silberlösung I, 245.
Silbermoleküle I, 99.
Silberoxyd zur Sensibilisirung der Platten I, 245; — zur Verstärkung I, 247; — zum Präpariren des Papiers I, 276.
Silberplatten, jodirte I, 13.
Silbersalze, Lichtempfindlichkeit der I, 8.
Silberungsmethode des Papiers I, 276.
Silberverbindungen, Verhalten derselben gegen Spektralfarben I, 79.
Sirius, dessen Spektrum I, Taf. I, Fig. 3.
Skaife, photographische Pistole II, 363.
Skioptikon für Doppelbilder II, 258.
Skioptikonlampe II, 234; — von Stöhrer II, 239.
Skioptikon mit Knallgasgebläse II, 252; — mit Petroleumbeleuchtung I, 102; II, 237.
Snell I, 25.
Snellius I, 29.
Solarisation I, 258; II, 390.
Sommerbrodt, Sphygmograph I, 466.
Sonne, Darstellung der, auf der Bühne II, 330.
Sonne, Gestalt derselben II, 28; — Körper auf derselben I, 63; — Elemente in der Photosphäre derselben I, 63.
Sonne mit Sonnenflecken II, Taf. I, Fig. 1.
Sonnenbild, photographisches, nach Selvyn II, 32.
Sonnenbilder, mikrometrische Messungen aus denselben II, 105.
Sonnenentfernung, Berechnung derselben, von Römer, II, 76; — von Fizeau II, 76; — von Foucault II, 77; — von Cornu II, 77; — von Michelsen II, 77.
Sonnenentfernung von der Erde, Berechnungsmethode derselben bei Venusdurchgängen II, 78.
Sonnenfackeln II, 30.
Sonnenfinsternisse II, 33; — deren Photographie im Allgemeinen II, 34; — vom Jahre 1860 II, 34; vom Jahre 1851 II, 35; — vom Jahre 1868 II, 36; — vom Jahre 1869 II, 36. 42; II, Taf. I, Fig. 2; — vom Jahre 1870 II, 36. 46; — vom Jahre 1871 II, 36. 47. II, Tafel I, Fig. 3; — vom Jahre 1882 II, 36; — vom Jahre 1883 II, 36.
Sonnenfinsterniss-Photogramme von Warren de la Rue II, 29. 34; — von Rutherfurd II, 29, Taf. I, Fig. 1; von Janssen II, 29; — von Selvyn II, 32; — von Berkowski II, 35; — von Secchi II, 36. — von Whipple II, 35. 46; — von Wallat II, 35; — von Brothers II, 35; — von Lockyer II, 35. 46; — von Vogel II, 36. 189; — von Tenant II, 41; — von Morton II, 42; — von Gould II, 43, Taf. I, Fig. 2; von Wilson II, 43; — von Davis II, 48; — von Dietrich II, 48, Taf. I, Fig. 3.

Sonnenflecken mit drei Lichtbrücken II, 30.
Sonnenflecken, scheinbare Veränderung der Form derselben II, 32.
Sonnenlicht, Zerlegung desselben durch das Prisma I, 56; — Beobachtungen über dio Intensität desselben I, 94.
Sonnenlicht für Mikrophotographie I, 208.
Sonnenmikroskop I, 10. II, 310; — von Bertsch I, 189; — Spiegelvorrichtung an einem solchen II, 311.
Sonnenoberfläche, Schema der II, 31.
Sonnenparallaxe, Winkelberechnung der II, 79.
Sonnenphotographie von Dr. Schröder, II, 64; — Manipulationen zur Aufnahme einer II, 18.
Sonnenspektrum I, Taf. I, Fig. 2; — die sichtbaren Theile desselben I, 55; — Helligkeit und Wärme im I, 72; — Photographie desselben I, 74. 77; — chemische Einflüsse desselben I, 75; — Monckhoven's Apparat zur Photographie desselben I, 77; — Photographie von Rutherfurd I, 85. I, Taf. II; — Zeichnung von Kirchhoff I, 85; — mit Fraunhofer'schen Linien II, Taf. I, Fig. 4; — Projektion desselben II, 294.
Sonnenstrahlen, chemisches Licht derselben in Tropengegenden I, 96.
Spektatorien für Projektionen II, 321.
Spektralanalyse I, 52. 55. II, 296; — der Himmelskörper I, 63; — der Photosphäre II, 30.
Spektralapparat, Anwendung desselben I, 65; — photographischer von Lockyer I, 87.
Spektralfarben, chemische Wirkungen der I, 74; — Wirkung derselben auf Silbersalze, nach Monckhoven I, 78; nach Draper I, 79; — Wirkungskurven derselben I, 82.
Spektraltafel I, 62, Taf. I.
Spektrograph von Vogel I, 83.
Spektropolarisator von Dippel I, 184.
Spektroskop I, 66; — Kirchhoff-Bunsensches I, 68; — von Young I, 85.
Spektroskopische Arbeiten, Glühlichtbeleuchtung zu denselben I, 150.
Spektrum, kontinuirliches I, Taf. I, Fig. 1; — der Sonne, des Sirius, des Natrium, des Strontium, des Caesium des Rubidium, des Sauerstoff, des Wasserstoff, des Stickstoff, des Kohlenstoff, des Jod, des positiven Pols, des negativen Pols I, Taf. I; — des Fuchsins I, 70; — des Blutes I, 70; — der Bessemerflamme I, 72.
Spektrum, Länge desselben bei verschiedenen Medien I, 67.
Spektrum, unsichtbares, ultravioletter Theil desselben I, 76.
Spenger, Th., galvanoplastische Arbeiten II, 408.
Sphygmograph, von Valentin I, 330; — von Marey I, 330; — von Dudgeon I, 466; — von Landois I, 466; — von Sommerbrodt I, 466.
Sphygmophon von Stein I, 327; — von Boudet de Paris I, 329.
Spiegelgalvanometer von Hartmann I, 363; — von Meyerstein I, 363.
Spiegelstereoskop von Wheatstone I, 47.
Spiegelteleskop von Secretan II, 8; — von Merz II, 9; — von Foucault II, 9.
Spiegelteleskop zur astronomischen Photographie II, 2.
Spiegelvorrichtung an Sonnenmikroskopen II, 311.
Spiller, Trockenplatten I, 261.
Stearn, elektrische Glühlämpchen für wissenschaftliche Zwecke I, 214; — elektrische Mikroskopbeleuchtung I, 466.
Stehküvette I, 240.
Stein, dessen Photomikroskop I, 173; — grosses photographisches Mikroskop I, 177; — Werk über Parasiten I, 292; — Injektionsapparat I, 308; — Sphygmophon I, 327; — photographische Einrichtung zu Marey's Sphygmograph I, 334; — Pulshammer I, 338; — Photothermographium I, 365; — Endoskop mit Gaseinrichtung I, 406; — photolaryngoskopische Methode I, 449; — photographischer Kehlkopfspiegel I, 453; — Kehlkopfphotographie I, Taf. VII; — Phototeleskop II, 97; — Photographie in den Meerestiefen II, 142; — Photographie elektrischer Funken II, 151; — Photographie der Töne II, 167; — Geschwindigkeitsmessung der Nervenleitung II, 175; — Kamera mit automatischem Hervorrufungsapparat II, 354.
Steinbach, Albuminpapier I, 276.
Steinheil I, 37; — Aplanat I, 187. 324. II, 367; — Tabelle für die Vergrösserung von Negativen I, 271; — Fernrohr II, 96; — Antiplanete I, 324. II, 368; — spiegelndes Umkehrungsprisma II, 405.
Stereoskop, mit Spiegeln von Wheatstone I, 48; — mit Prismen von Brewster I, 48; — mit Linsen von Helmholz I, 49.
Stereoskop, Verwendung desselben für Unterrichtszwecke I, 46.

Stereoskopisch-anatomische Abbildungen I, 325.
Stereoskopische Apparate, Prinzip derselben I, 49.
Stereoskopische Mikrophotogramme, Apparate zur Darstellung derselben I, 196.
Stereoskopische Mikroskope I, 196.
Stereoskopische Mikrotypien, Herstellung derselben durch Wippe I, 199 — durch halbe Blendung I, 198 — durch Verschiebung des Objekts I, 203.
Stereoskopische Mondbilder von Rutherfurd II, 58.
Steoreoskopisch-mikroskopische Photographien I, 197.
Stereoskop-Kamera mit 1 Objektiv I, 40; — mit 2 Objektiven I. 41; — mit Momentverschluss II, 348.
Stereoskop-Kamera, Momentverschluss für I, 41.
Stereoskop-Kassette I, 40.
Stereoskop-Prismen I. 48.
Sternbeobachtungen, Vortheile der photographischen II, 1.
Sterne, Photographie derselben II, 65.
Sternschnuppen, Photographie der II, 190.
Sternwarten, Einrichtungen auf II, 7.
Stickoxydbereitung von Claire-Deville I, 115.
Stickoxyd-Schwefelkohlenstofflicht von Delachanal und Mermet I, 115.
Stickstoff, dessen Spektrum I, Taf. I, Fig. 10.
Stimmgabel, galvanisch schwingende I, 348. II, 159.
Stimmgabelkurve I, 352.
Stimmgabelschwingungen, Photographie derselben II, 161.
Stirn, dessen Geheim-Kamera II, 364.
Stöhrer, dessen Magnet-Induktionsapparat I, 130; — elektrischer Lichtregulator I, 144; — Skioptikon II, 239; — Projektion durchsichtiger Gegenstände II, 264; — Projektionsgalvanometer II, 282; — Projektions-Stroboskop II, 296; — Buch über Projektionskunst II, 338.
Stöhrer & Sohn, Projektionsapparate II, 337.
Stokes Untersuchungen, betr. Fluorescenz I, 75; — betreffend Spektralanalyse I, 76.
Stolze, Venusexpedition 1874, II, 83; — Photogrammetrie II, 193. 205.
Stomatoskop von Bruck I, 420.
Storch, Momentphotographie eines fliegenden I, 380. I, Taf. VIII.
Strahlenbrechung durch Flüssigkeiten II, 289; — durch Glas II, 289.
Stricker, Projektion II, 305.
Stroboskop II, 296.
Strontium, dessen Spektrum I, Taf. I, Fig. 5.
Strumper & Co., Lichtdrucke II, 64.
Studer, Venusexpedition 1874 II, 83.
Stüremburg, Mikrophotographisches Stativ I, 175.
Sturmkurve, magnetische II, 129.
Substanzen der Himmelskörper, Nachweis derselben I, 63.
Sutter, lithographische Presse II, 401.
Sutton, Erfinder des Alkolén I, 245.
Swan, elektrische Glühlampe I, 149.
Swan, Pigmentdruckmethode I, 283.
Swieten, v., Temperatur-Beobachtungen an menschlichen Körpern I, 339.

Taenia saginata, Eier von (Mikrophotographie) I, 291; — reife Glieder von I, 291.
Taenia solium, Reife Glieder von I, 291; — Theil vom Kopfe I, Taf. III.
Talbot, Fox, Kalotypie I, 16. 20. II, 340; — dessen Verfahren, photographische Bilder auf Papier darzustellen I, 153.
Talbot, R., Vergrösserungsapparat I, 272; — Projektionsapparate II, 337; photographische Druckmethode II, 401; — Farbe für Lichtdruck II, 405; — Negativumkehrungsapparat II, 406.
Taschenspektroskop I, 67.
Taubenblut (Mikrophotograph.) I, Taf. VII.
Tauchbatterie, für Beleuchtungszwecke I, 124. 215. 437; — mit Glühlampe montirt I, 438.
Tauchbatterie, Lösung für dieselbe I, 215.
Taupenot I, 21; — dessen Trockenplatten I, 261.
Telephonmembran II, 169.
Teleskop II, 3; — photographisches, von Browning II, 10; — zu Greenwich II, 14; — zu Bothkamp II, 16; — von Secchi II, 21; — von C. A Steinheil Söhne II, 97.
Telestereoskop I, 50.
Temperaturkurven II, 118.
Temperatur, menschliche, Photographie derselben I, 359.
Tenant, Sonnenfinsterniss-Photographie II, 41.
Tessié du Mothai, dessen Sauerstoffgasbrenner I, 109.
Thaubilder von Moser I, 99.
Theaterwesen, Projektionskunst im II, 322.
Theodolit, photographischer, von Meydenbauer II, 204.
Theorie der Lichtwelle I, 26; — der photographischen Prozesse I, 96. 99.

Theorie des mikroskopischen Sehens I, 165; — der photogrammetrischen Methode II, 201.
Thermoelektrischer Strom, Wirkung desselben I, 360.
Thermoelektrische Säulen I, 361.
Thermogalvanometer von Redard I, 367.
Thermograph II, 111; — Grundriss desselben II, 112; — Zeitskala desselben II, 114; — in Kew II, 116.
Thermometer II, 280.
Thierischer Organismus, photographische Darstellung der Fortbewegung desselben I, 368.
Thorpe, dessen Messungen betreffend chemische Kraft des Lichtes I, 96.
Thurm, photogrammetrische Darstellung eines solchen II, 210.
Thury & Amey, deren Momentverschluss II, 362.
Tiele, Expedition nach Aden II, 36.
Tiphaine, G., I, 8.
Tissandier, Ballonphotographie II, 226.
Töne, Photographie der II, 159; — Aufschreiben derselben auf berusste Cylinder II, 160; — optische Darstellung derselben II, 161. 286; — Photographie gesungener II, 168.
Töne schwingender Saiten II, 165.
Ton-Lichtkurven II, 161.
Tonschwingungen II, 159; — Dauer derselben II, 164; — der Membranen II, 192; — Projektion derselben II, 288.
Tonschwingungskurven II, 162; — photographirte II, 163.
Tonungsprozess I, 277.
Totalreflexion des Lichtes durch Wasser II, 290.
Transmissionsapparat zur Photographie des Pulses I, 344; — für Herzschlag und Athmung I, 346; — elektrischer I, 349.
Transmissionstrommel von Boudet I, 347.
Transparentbilder, Vorrichtung zur Anfertigung derselben II, 335.
Transportwagen für komprimirtes Gas I, 114.
Traube, dessen Temperaturmessungen am menschlichen Körper I, 360.
Trichine mit Brut I, Taf. III.
Trimmer für die Bildformung II, 268.
Tripelkondensator II, 231.
Tripelprojektionsapparat II, 261.
Tripletsystem von Dallmayer I, 38.
Trockengestell II, 389.
Trockenplatten, Erfindung der I, 21; — Entwickelung I, 267; — Fixirung I, 268; — Verstärkung I, 268; — für astronomische Aufnahmen II, 107; — zu Projektionsbildern II, 335.
Trockenplatten-Verfahren I, 260: — für astronomische Photographie II, 19.
Trockenplatten-Wechselkasten I, 262.
Tromholt, Photographie des Nordlichts II, 192.
Tropfenbildung, Nachweis der II, 279.
Trouvé, dessen Tauchbatterie I, 125; — Lösung für dieselbe I, 126; — elektrische Endoskopbeleuchtung I, 416. 419; — elektrischer Kehlkopfspiegel mit Wasserkühlung I, 432; — Photophor I, 443.
Trychophyton tonsurans (Mikrophotographie I, 296.
Tuberkelbacillen I, Taf. V.
Türk, Kehlkopfspiegel I, 426.
Tycho, Mondgebirge II, 59.
Tyndall, Versuche betreffend Wahrnehmbarmachung der Strahlen unsichtbaren Lichtes I, 54: — dessen Buch über Schall I, 368; — optische Darstellung der Töne II, 160; — Projektionskunst II, 283; — Apparat zur Zerlegung des Lichtes II, 295.

Uhrwerk, photographisches, am Wilnaer Fernrohre II, 12.
Ultravioletter Theil des unsichtbaren Spektrums nach Stokes I, 76.
Ultraviolette Strahlen, Wirkung derselben I, 76.
Ultzmann, Apparat zur Photographie des Pulses I, 341.
Umkehrung der Natriumlinien I, 58.
Umkehrungsprisma II, 344; — spiegelndes II, 405.
Umschalter für Bühnenzwecke II, 323.
Undurchsichtige Objekte, Beleuchtung derselben I, 227.
Universalobjektiv von Hermagis, Français, Derogy II, 369.
Unsichtbares Spektrum, ultravioletter Theil desselben I, 76.
Unterrichtszwecke, Vorwendung des Projektionsapparates für II, 275.
Unterschwefligsaures Natron I, 268. 278.
Untersuchung der Natriumlinien, Apparat zur I, 59.
Unveränderlicher Lichtdruck von Albert II, 403.
Uranoxydkopien I, 280.
Urethroskop von Nitze-Leiter I, 420.
Utensilien für Photographie I, 239.

Valentin, dessen Sphygmograph I, 330.
Valentiner, Venus-Expedition 1874 II, 84.
Venus, Bahn derselben um die Sonne II, 79.
Venusdurchgang II, 74; — von 1874 II, 80. 91; — von 1882 II, 92.

Venusexpeditionen II, 82 — 90; — vom Jahre 1761 II, 82; — vom Jahre 1769 II, 82; — vom Jahre 1874 II, 83. 192; — vom Jahre 1882 II, 90.
Vergrösserung durch das einfache Mikroskop I, 164.
Vergrösserungen im Allgemeinen II, 396.
Vergrösserungsapparat von R. Talbot I, 272; — elelektrischer II, 303.
Vergrösserung, Steigerung derselben durch die Photographie I, 270.
Vergrösserungswerth eines Mikroskopes, Bestimmung desselben I, 299.
Vergrösserungstabelle I, 257.
Verkleinerungen II, 397.
Verkleinerung, mikroskopische, durch die Photographie I, 313.
Verschwindungspunkt II, 195.
Verstärkung der Bilder I, 259. 268. II, 388.
Verstärkungslösung I, 247.
Vertikalschwingungen der Töne II, 287.
Vertikalwinkel einer Bergkuppe, Bestimmung desselben II, 209.
Verulam, B. v. I, 96.
Vervielfältigungsmethode, durch Mikrophotographien I, 288; — durch photographischen Pressendruck II, 399.
Vesuv, Darstellungsweise eines Ausbruchs des II, 270.
Vibrationstheorie I, 123
Vierordt, dessen Hämotachometer I, 330.
Villème, Photoskulptur II, 414.
Vincent s. Giffon.
Vogel, C., Handbuch der Mikroskopie I, 313.
Vogel, H. C., Einrichtungen am photographischen Teleskop II, 15; — Photographie des Sonnenspektrums I, 86.
Vogel, H. W., dessen Untersuchungen betreffend chemische Einwirkung der Spektralfarben I, 81; — Spektrograph I, 83; — ortho-chromatische Platten II, 392; — Sonnenfinsterniss-Photographien II, 36. 189; — Kollodiumhaut-Untersuchungen II, 71; — Venus-Beobachtungen II, 93.
Voigtländer I, 37; — dessen Objektive II, 367; — Orthoskop II, 369.
Volkmar, Militärphotographie II. 224.
Volt, elektromotorische Kraft I, 126.
Vortheile der Photo-Mikrometrie I, 296.
Vossius, Isaak I, 25.

Wachspapier, Präparation desselben II, 341.
Wachspapier-Trockenverfahren von Le Gray II, 340.
Wärme im Sonnenspektrum I, 72.
Wärmelehre, Projektion aus dem Gebiete der II, 280.
Wärmeleitung II, 281.
Wärmestrahlen I, 53.
Wärme- und Elektrizitätsbeziehungen II, 286.
Waldenburg, dessen Laryngoskop I, 427.
Walker, dessen Rollkassette II, 351.
Wallat, dessen Sonnenphotographien II, 35.
Walmsley, dessen mikrophotographisches Instrumentarium I, 194.
Warnerke, dessen Rollkassette II, 351; — Sensitometer II, 372.
Warren de la Rue, Förderer der astronomischen Photographien II, 26; — Sonnenphotographien II, 29. 34. 43; — Ansicht über Sonnenflecken II, 32; — Montphotographien II, 50; — Photographie der Sterne II, 65; — der Planeten II, 67; des donatischen Kometen II. 69.
Waschgefäss mit Zinkauskleidung I, 241.
Waschkasten II, 388.
Wasserzirkulation durch Wärme II, 280.
Wasserkurve zwischen Glasplatten II, 277.
Wasser, Meniskusbildung desselben in Röhren II, 277; — Hochstehen desselben in Kapillaren II, 278; — Ausfluss desselben in Parabelform II, 278; — Hebung desselben durch Luftzug II, 280.
Wasserstoff-Bereitung II, 242. 243.
Wasserstoff-Chlor-Verbindung, Verhalten derselben gegen Spektralfarben I, 80.
Wasserstoff, dessen Spectrum I, Taf. I, Fig. 9.
Wasserthiere, mikroskopische Untersuchung lebender II, 312.
Weber, Gebr., Darstellung der Bewegungen des Menschen beim Gehen I, 376.
Wechselapparat mit Stoffbeuteln II, 349.
Wechselkasten für Trockenplatten I, 262.
Wechselkasten-Kassette I, 264.
Wedgewood I, 8. 10. 11.
Weihnachtsfeier der deutschen Venus-Expedition auf den Aucklandinseln II, 85.
Weinek, dessen Momentverschluss II, 20; — Werk über die Photographie in der messenden Astronomie II, 21. 70; — Mondphotographien II, 54; — Untersuchungen betreffend Kollodiumhaut-Zusammenziehung II, 73; — Venusexpeditionen 1874 und 1882 II, 83. 87. 93; — Uebersichtskarte des Venus-Durchgangs

1882 II, 92; — Photographie der Sternschnuppen II, 190; — astronomische Projektionen II, 320.
Weishaupt, dessen Handbuch über Steindruck II, 400.
Weiss, astronomische Photographie II, 37.
Welsh, Kew-Observatorium II, 140.
Wenham, Mikrophotographien I, 154.
Werdermann, dessen elektrische Lampe mit Dochtkohle I, 147.
Werner, heliographische Arbeiten II, 408.
Weselsky, Mikrophotographien I, 154.
Wheatstone'sches Spiegelstereoskop I, 47.
Whipple, dessen erste photographische Aufnahmen von Himmelskörpern II, 26; — Sonnenphotographien II, 35. 46; — Mondphotographien II, 50.
Wigand, mikroskopische Photogramme II, 312. 320. 337.
Wilde, F., I, 21; — dessen Trockenplatten I, 261; — Projektionsbilder II, 336; — Chlorsilberplatten II, 346.
Willmann, Buch über Muybridge's Leistungen I, 369.
Wilnaer Fernrohr II, 12; — photographische Einrichtung an demselben II, 13.
Wilson, Sonnenflecken II, 30; — Sonnenfinsterniss-Photographie II, 43.
Winkelberechnung der Sonnenparallaxe II, 79.
Winternitz, dessen Apparat zur Photographie des Pulses I, 341.
Wippe, mikrophotographische, von v. Babo I, 199; — von Benecke I, 199.
Wirkungskurven der Spektralfarben I, 82.
Wissenschaftlich-photographische Technik II, 339.
Wittstein, Venus-Expedition 1874, II, 83.
Wolfram, Venus-Expedition 1874, II, 83.
Wolkenprojektionen auf der Bühne II, 331.
Wollaston's Beobachtung betreffend Unterbrechung des Spektrums I, 57; — Untersuchungen betreffend Lichtwirkung der Strahlen I, 75.
Woodbury, Ballonphotographie II, 226; photographische Druckmethode II, 401; — Reliefdruck II, 402.
Woodward, Mikrophotographien I, 154. 292; — mikrophotographische Einrichtungen I, 191; — photographisches Arbeitszimmer I, 193; — Amplifier I, 233; — Vergrösserungsmethode I, 271.
Wothly, dessen Untersuchungen betr. Lichtempfindlichkeit der Eisensalze I, 100.
Wunderkamera II, 265; — von J. Ganz II, 266; — Theorie der Beleuchtungsmethode bei der II, 266.
Wunderlich, Temperaturmessungen am menschlichen Körper I, 360.

Xylographie auf photograph. Grundlage II, 413.

Young, dessen Spektroskop I, 86; — Photospektrographie I, 86. — Untersuchungen betreffend Interferenz des Lichtes II, 186.

Zahnärzte, elektrische Lampe für I, 444.
Zeichnungen, perspektivische, Eigenthümlichkeiten derselben II, 193.
Zeiss, dessen Mikroskop für Mikrophotographie I, 165; — grosses Mikroskop I, 167; — grosser mikrophotographischer Apparat I, 181; — mikrospektroskopischer Polarisationsapparat I, 206; — Beleuchtungsapparat für Mikroskope I, 221; — Mikrotom I, 310.
Zeitbestimmung bei Thermographen II, 115.
Zeiteinheiten, minimale, Begriff derselben II, 173; — photoelektrische Messungen derselben II, 173.
Zeitmessungen von Kurvenbildern I, 353.
Zeitmessung, photoelektrische II, 179.
Zeitskala des Thermographen II, 114.
Zenker, Dr., Farbenlehre II, 421; — Expedition nach Aden II. 36.
Zerlegung des Lichts durch das Prisma I, 32. 56; — Apparat dazu II, 295.
Zimmerlaboratorium von Stein I, 249.
Zinkcylinder, Amalgamirung der I, 120. 438.
Zinkographie II, 399.
Zinkplatten I, 125. 438.
Zöllner, Spektralanalyse der Himmelskörper I, 64; — photometrische Beobachtungen I, 90.
Zoogloeahaufen I, Taf. V, Fig. 6.
Zoologische Photographie I, 462.
Zoologische Präparate, Projektion derselben II, 313.
Zusammengesetztes Mikroskop I, 163; — Optik desselben I, 165.

TTY RESEARCH INSTITUTE
3 3125 01104 3235